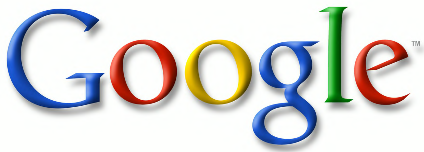



NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06911583 4





PRL

ALEXANDRI CAROLI GUILIELMI SUERMAN,
RHENO-TRAJECTINI,

MATH. ET PHIL. NAT. CAND. ET MED. STUD.
IN ACAD. RHENO-TRAJECTINA,

COMMENTATIO

DE

DE DEFINIENDA QUANTITATE VAPORIS AQUEI IN ATMOSPHAERA VEL AËRE QUOCUNQUE,

IN CERTAMINE LITERARIO

CIVIUM

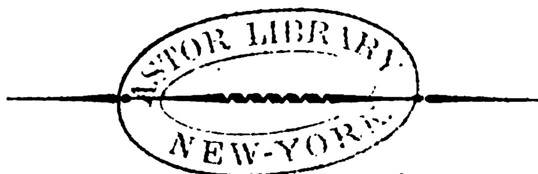
ACADEMIARUM BELGICARUM,

Die VIII *Mensis Februarii A.* MDCCCXXX,

EX SENTENTIA

ORDINIS DISCIPLINARUM MATHEMATICARUM ET PHYSICARUM IN ACADEMIA LUGDUNO-BATAVA,

PRAEMIO ORNATA.



LUGDUNI BATAVORUM,
APUD S. ET J. LUCHTMANS,
ACADEMIAE TYPOGRAPHOS,
MDCCCXXXI.

ALEXANDRI CAROLI GUILIELMI SUERMAN,

RHENO-TRAJECTINI;

MATH. ET PHIL. NAT. CAND. ET MED. STUD,
IN ACAD. RHENO-TRAJECTINA,

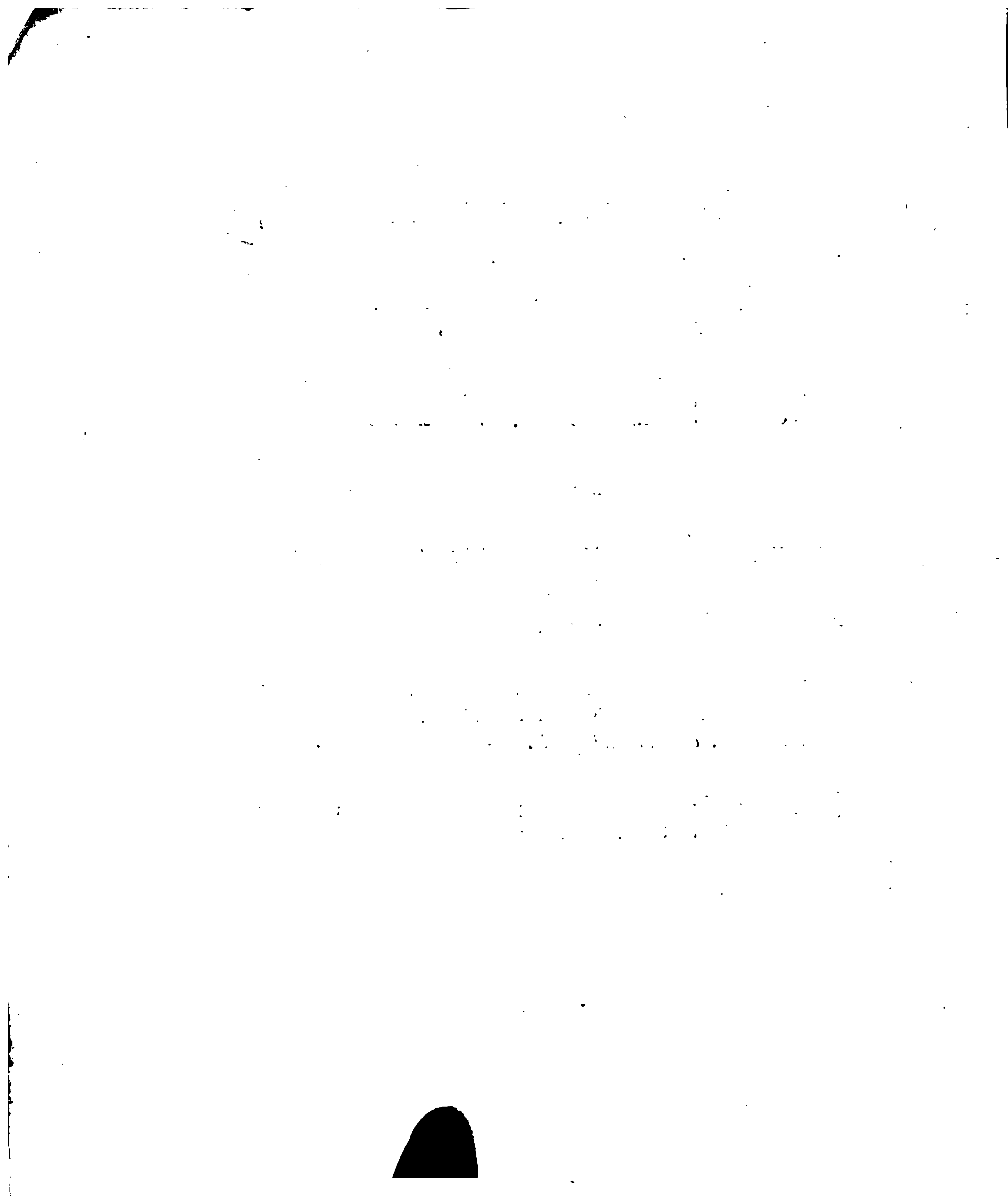
RESPONSIO

AD

QUAESTIONEM PHYSICAM, AB ORDINE NOBILISSIMO MATHESEOS ET PHILOSOPHIAE NATURALIS IN ACADEMIA LUGDUNO-BATAVA, A. MDCCCXXIX. PROPOSITAM:

Exponantur ac dijudicentur variae cum observandi tum computandi rationes, quibus quantum vaporis aquei in atmosphaera vel aëre quocunque contineatur, determinari possit.

QUAE PRAEMIUM REPORTAVIT D. VIII MENSIS FEBRUARII A. MDCCCXXX.



RESPONSIO

AD

QUAESTIONEM PHYSICAM.

INTRODUCTIO.

Est in illo, quo vivimus, aëre atmosphaerico principium agens, quod sensuum quidem aciem effugit, subinde vero miris effectibus sese declarat. Quid enim causae latet, cur gemmae nunc maius artifici, nunc vero minus offerant pondus? qui fit, ut citharae chorda nunc laxa, gravem sonum, nunc vero stricta, acutum edat? quid denique est, quod per hyemem cubiculi lumini adfixum haereat? Est nimirum vapor aqueus, in ipso aëre latens, qui, condensatus, multorum corporum immutat proprietates, eorum massam et volumen alterat, splendorem turbat, pelluciditatem tollit, eaque vel rore obvestit, vel cingit eleganti crystallorum congerie. Has quidem vaporis actiones explorat *Hygroscopia*, eo fine ut exinde judicium ferat de aëris humiditate. Indagat ergo haec doctrina diversam vaporis dispositionem, corporibus quibusdam se affigendi. Ubi vero adscendimus ad ipsius causae examen, non amplius de humiditate modo agitur, sed de vaporis conditione cum aliae moventur quaestiones, tum imprimis: quantum ejus in aëre contineatur? Hinc existit *Hygrometria*, quae problema sibi solvendum proponit: *aquei vaporis, aëre quocunque contenti, invenire quantitatem.* In eo ergo a se invicem differunt Hygroscopia et Hygrometria, quod illa humiditatis gradum, haec vaporis massam determinat.

Si jam ex his disputatis, quaestionis, ab ordine nobilissimo Math. et Phil. Nat. propositae, argumentum definiamus, patet, eam et complecti totam Hygrometriam et hac contineri.

Ipsa autem illa, quae indicavi, phaenomena, in vita familiari obvia, triplicem declarant vaporis effectum, qui ipsius causae mensuram quandam exhibere possit: *ponderis* scil. *augmen, voluminis incrementum* et *vaporum condensationem.* Si ve-

ro ad varias attendamus methodos et computationes, quae Hygrometriam spectant, longe plurimae in uno ex his effectibus considerando versantur. Quum ergo constituissem, ut ad quaestionem propositam responsum mitterem, argumenti divisionem ex hoc principio petii, omnesque Hygrometriae methodos ad tres classes reduxi:

Prima ponderationem adhibet materiae vapore onustae.

Altera corporum hygroscopicorum dilatationem per eundem vaporem metitur.

Tertia temperaturam, qua aëris vapor condensatur, vel observat, vel computat.

Quaerat forte quis: num triplici hac classe contineantur omnes Hygrometriae methodi? non continentur. Sunt enim aliae praeterea, quibus idem problema vel partim, vel integre solvere tentarunt:

1°. enim *Mersene* ex chordae tono nunc graviori, nunc minus gravi, aëris humiditatem derivare studuit (1).

2°. autem *Mann* in aucta aëris vi electricitatem ducente vaporis indicium quaesivit (2).

3°. denique cel. *de la Rive* calorem aut minorem aut maiorem, quem vapor aqueus, ab acido sulphurico condensatus, produceret, tanquam constantem vaporis effectum consideravit (3).

In his autem singulis principium non satis est determinatum, quam ut Hygrometriae vere inserviat. Haec ergo verbo hic notasse satis duxi.

Et haec quidem de argumenti divisione dicta sunto: restat ut quaedam moneam de ratione, quam in singulis methodis tractandis secutus fui. Quaeritur earum *expositio* et *dijudicatio*. Has autem non nisi ipsius methodi fundamento bene intellecto, exhiberi posse censui. Hinc optimo ordine uti mihi visus sum, si expositioni speciali generalem praemitterem, exhibentem illam methodi et principia, et requisita; ex quibus praemissis, conclusionis loco derivaretur dijudicatio.

Singulae ergo methodi ex triplici parte compositae sunt: *theoretica* scil., *historica* et *critica*. *Prima*, generalibus physices legibus innisa, methodi fundamentum ponit, rationem et partes exhibet, limites determinat, tandemque postulata hinc derivat. *Altera* enarrat, quaecunque apud hygrometriae auctores de methodo invenire potuerim. Haec autem juxta partis theoreticae principia ita disponuntur, ut omnia conjuncta sint, quae ex natura rei conjungenda videntur. Hac quidem ratione separantur ejusdem auctoris labores, quin ejusdem instrumenti partes; ne vero auctorum laudes hinc damnum caperent, a generali harum conspectu quaevis pars historica exorditur, dum appendix, ex figuris potissimum constans, instrumentorum formam

et

(1) Cf. Dalencé *Traité des barom., thermom. et notiomètres*, Amst. 1688.
(2) Comment. Acad. Theod. Palat. Vol. VI, Phys., Manh. 1790. N°. 4.
(3) *Bibl. Univ.* Tom. XXVIII. pag. 285.

et habitum proponit. *Tertia* tandem pars, *critica* scil., explorat, utrum ea, quae in methodo exposita praestitere physici, respondeant postulatis antea positis, nec ne? Hinc ergo conclusionem efficit, quousque jam pervenerit nostra doctrina? quid probabiliter in illa fuerit peractum? quid etiamnum desideretur?

PRIMA HYGROMETRIAE METHODUS,

QUAE EST PER PONDERATIONEM.

PARS THEORETICA.

§. 1.

De methodi principio.

Simplicissima nimirum methodus, qua corporis cujusdam determinatur quantitas, est Ponderatio. Uti enim vis gravitatis generalis est materiae conditio, ita methodus, hujus principii argumento adstricta, nequaquam propriam curat substantiae naturam: qualiscunque haec sit, sive solida se prodat forma, sive liquida, aut aërea, si modo substantia lanci imponi possit, hac ratione ejus invenietur quantitas. Ut autem hanc methodum nostro problemati applicemus, sponte intelligitur, vaporem ex aëre esse separandum, aliique cuidam substantiae affigendum, cujus igitur pondus augebitur. Jam vero, vel *omnis* ex aëre vapor desumi potest, vel *pars* modo, et hinc duplex oritur hujus methodi diversitas. In *illo* enim casu, ponderis augmentum, si per bilancem exploretur, immediate quaesitam vaporis exhibebit quantitatem; in *hoc* vero, ex relativa quantitate, absorpta, ad absolutam, aëre contentam, erit concludendum. In utraque autem agendi ratione, vaporis adsit *vehiculum* et *bilanx*, quibus in posteriore casu *scala* addatur, relativam vaporis quantitatem indicans. Erit igitur in generali hujus methodi expositione dicendum:

1. de Materiebus absorbentibus,
2. de Instrumentis, quibus earum mutationes indagari possunt,
3. de his utrisque ita conjungendis, ut ad problematis nostri solutionem concurrant,
4. de Methodi requisitis, ex hac expositione derivandis.

§. 2.

De Materiebus absorbentibus.

Quum ponderis augmentum nunc immediate, nunc mediate vaporis indicet quantitatem, sequitur, duplicem quoque materierum absorbentium dari classem.

Alia enim corpora, affinitate chemica in vaporem aqueum praedita sunt, qua eum attrahere et condensare pergunt, donec plane fuerint saturata, neque dein eum relaxant, nisi violenta igni actione. Haec ergo commode *Exsiccantia chemica* dici possunt.

Alia autem corpora, porosae structurae, sive vi capillari, sive, quam vocant, affinitate hygroscopica, vaporem attrahere possunt atque ligare. Quum vero haec combinatio, sive mechanica sit, sive hygroscopica, praecedenti longe sit infirmior, leviori dein ignis actione, i. e. evaporatione spontanea, dissolvitur; quo fit, ut aqua, sedem suam linquens, vaporum forma aërem petat. Haec igitur non incongrue *Absorbentia capillaria* vel *hygroscopica* dici possunt.

§. 3.

De Bilancibus hygroscopicis.

Jam igitur materia praesto est, vapori suscipiendo apta; restat, ut per bilancem indagetur. Appendatur igitur, aut qua talis, aut, si forma non ferat, cupulae imposita, ab altero scapi fine; ab altero autem agat sacoma. Hoc augendo aut imminuendo vaporis quantitas absorpta vel expulsa, inveniri potest. Facilius autem per scapi inclinationem illa mutatio definitur, qua in causa scala apposita sit, in circuli gradus divisa. Hinc enim facile, et integrum materiae, gravioris redditae, pondus x, et solum ejus augmen y, elicitur ope formularum

$$x = \frac{Sin.\ (b + I)}{Sin.\ (b - I)}\, p.$$

$$y = \frac{2\ Sin.\ I\ Cos.\ b}{Sin.\ (b - I)}\, p$$

Ubi p significat pondus primitivum, b dimidium angulum, per utrumque scapi brachium ad centrum motus ortum, I inclinationem observatam indicis cum linea verticali.

§. 4.

§. 4.

De materia et bilance, ad usum hygrometricam conjungendis.

Expositis jam singulatim hujus methodi partibus, sequitur, ut eas conjungamus et sic videamus, quomodo ex his principiis vaporis in aëre quantitas determinetur.

Ex ipsa autem, de qua vidimus, absorbentium natura triplex derivatur ratio, qua hygrometriae inserviunt. Exsiccantia enim chemica possunt *et* absolutam *et* relativam vaporis quantitatem indicare, Absorbentia hygroscopica non nisi relativam. Quomodo in singulis procedatur, jam videbimus.

1. Siquidem vis vehiculi absorbens sufficiat, ut omnem ex aëre vaporem extrahat, immediate hujus quantitas determinari poterit. Hoc autem non obtinetur, nisi aër campanae cogniti voluminis includatur et adhibeantur exsiccantia. Ubi ergo aër perfecte siccatus fuerit, ponderis augmentum vaporis exhibebit quantitatem. Hic vero, quotiescunque ea cognoscenda est, instituitur experimentum.

2. Eadem exsiccantia et in aëre aperto adhiberi possunt. Tum enim continue vaporem condensabunt, donec fuerint saturata, et scala bilanci apponi poterit, quae aequalia ponderis incrementa, a materia anhydra ad saturatam usque, indicat. Si jam vis ejus exsiccans eadem maneat per totum hunc processum et increscat celeritas, qua agit, cum ipsa aëris humiditate, haec determinari poterit per utriusque comparationem. Quo enim humidior sit aër, eo majorem vaporis quantitatem, dato tempore, cedet vehiculo; aut, quod eodem redit, eo citius datum ponderis incrementum accipiet vehiculum.

3. Tandem vero, si absorbentia hygroscopica in aëre aperto bilanci apponantur, eorum pondus vel augebitur, vel imminuetur, prouti ipsa aëris humiditas fuerit immutata. Apposita ergo scala et cognita ratione, quae inter utramque illam conditionem intercedit, vaporis quantitas ex scalae gradu derivari poterit.

§. 5.

De methodi requisitis.

Nunc etiam superest, ut ex partium usu bene perspecto derivemus, quibusnam conditionibus singulae satisfacere debeant.

Materiae ergo adhibendae requisita sunt vel generalia, vel specialia.

In *omni* enim materia, hygroscopico usui destinata, postulatur:

1°. ne quid praeter vaporem ex aëre attrahat,

2°. neve quid massae suae per aërem aliave ratione deperdat,

3°. ponderis immutatio satis insignis sit, ut exigui errores, qui nunquam evitari poterunt, negligantur.

Speciatim vero exsiccantia, in aëris determinata portione adhibita, reposcunt:

1°. vis satis insignis sit, ut omnem sorbeant vaporem,

2°. tanta sit, ut hunc retinere valeant.

Siquidem eadem corpora in aëre aperto adhibeantur, oportet:

1°. eorum natura ne a tempore aut loco, aliâve conditione, extra nostram potestatem posita, pendeat. Convenit enim, ut semper et ubivis eadem materia obtineri possit.

2°. ponderis incrementum, dato tempore sit in ratione constanti et determinata cum vaporis quantitate aëre contenta;

3°. eadem maneat in illis vis exsiccans, qualemcunque jam aquae portionem assumserint, aut, si mutetur, haec cognoscatur immutatio.

Si denique quaeras, quid in absorbentibus hygroscopicis desideretur, ut scopo suo respondeant:

1°. ratio cognita sit inter vaporis et ponderis conditionem, quo pertinet etiam, ut in omni materie ejusdem generis sit eadem.

2°. continuo assumant illud pondus, quod respondet praesenti vaporis conditioni, i. e. indicatio et indicatum sint synchrona. Huc pertinet quod, caeteris paribus, eadem facilitate aquam attrahere et dimittere debent.

3°. ne temporis lapsu indicatio immutetur aut pereat.

De conditionibus, quibus *bilanx* satisfacere debet, non agendum censeo, quum eae ad mechanicam magis pertineant, quam ad Hygrometriam.

In *scalis* postulatur, ut rationem exprimant, quae inter materiae pondus aërisque humiditatem intercedit.

Quodsi ergo omnibus his quaesitis responderit Hygrometrum, jure affirmare possumus, illud aptum esse determinandae vaporis aquei in aëre quantitati.

PARS HISTORICA.

§. 6.

De argumenti historia.

Vidimus in parte praecedenti, ponderationis methodo triplicem contineri rationem, qua problema hygrometricum enucleari possit. Si autem Physices historiam con-

consulamus, patebit, eadem ratione in diversas partes abiisse Hygrometriae auctores. Quoad simplicissimam methodum, vaporem scil. ex campana, aëre quodam plena, exhauriendi, pertinet haec ad recentius aevum: fluxit enim ex chemiae pneumaticae studio. Adhibita scilicet est et apparatu proprio adornata a cel. *Guyton-Morveau.* Reliquarum autem methodorum initia, licet imperfecta, apud Hygroscopiae patres jam inveniuntur. Prima quidem *Boylii*, *Gouldii*, *Sturmii*, aliorumque instrumenta ad ea pertinent, quae nihil docent, nisi aërem nunc esse humidiorem, nunc sicciorem. Generatim enim hi physici magnae effectuum extensioni postponebant exactam vaporis indicationem. Quum vero deinceps humiditatis leges interius perscrutarentur, instrumenta, perfectiora reddita, ad Hygrometriam propius accesserunt. Quoad exsiccantium in aëre aperto usum, multis hunc experimentis indagavit *Senebier*, optimamque docuit ea adhibendi rationem, quem hac in causa secutus est *Lampadius.* De gradu vis exsiccantis in variis substantiis experimenta quaedam instituit cel. *Leslie*, ope sui hygrometri, de quo postea erit agendum. *Lowitz*, *Ludicke* et *Hochheimer* de absorbentibus hygroscopicis eorumque scala inprimis meriti fuerunt, quum indicationem ponderis ad communem quandam mensuram reducere studuerint; non vero Hygrometriam quae proprie sic dicitur, agitarunt.

Singulatim vero de horum virorum meritis in variis nostrae methodi partibus acturi, eundem hic, quem in primo capite, sequemur ordinem.

§. 7.

De materiebus exsiccantibus adhibitis.

Exsiccantia omnia ex regno anorganico petuntur; pertinent ergo ad forum chemicum, suntque

1°. vel *Acida*, prouti acidum nitricum et inprimis sulphuricum, quae adhibuit, primo jam Hygrometriae limine, *Gould* (A. 1673) (1), dum nostra aetate (1819) *Livingstone* denuo ad acidum sulphuricum se contulit (2).

2°. vel *Oxyda metallica*, inprimis *Alcalia* et *Terrae.* Huc pertinent potassa, qua usi sunt *Gould* et *Desaguliers* (3), alumina, calx, quae subinde etiam exsiccationi inservierunt, oxydum cobalti (*royalsmalt*), quod hunc in finem proposuit *Nicholson* (4).

3°.

(1) Phil. Trans. n°. 156. T. 14. p. 496. cf. Acta erud. Lips. 1685. p. 315.

(2) Edinb. Phil. Journ. n°. 1. p. 116.

(3) *Desaguliers*, Natuurkunde, II. 387. Verosimiliter tamen haud potassam puram sed acido carbonico junctam significat.

(4) *Nicholson*, Journ. of Nat. Phil. 8. p. 185.

3°. vel denique *Salia*, ut chloruretum calcii, quod *Guyton-Morveau* adhibebat, chloruretum sodii, quo hygrometrum suum paravit *Lampadius* (1), sulphas potassae, de quo scripsit *Grotthuss* (2), lapis causticus, sulphuretum potassae, acetas potassae, inprimis autem subcarbonas potassae fusum, quod reliquis omnibus praetulit *Senebier*, ob pondus regulari ratione gradatim increscens (3).

§. 8.

De materiebus absorbentibus hygroscopicis adhibitis.

Quae materiae, post absorptionem vaporis, hunc iterum evaporatione mittunt, arcessitae fuere ex regno *organico* et *minerali*. Qua in causa ad structuram porosam potius, quam ad compositionem chemicam est attendendum (4). Praecipuae autem sunt:

1°. *Materies organicae porosae.* Spongiarum, inprimis, quae solutione salis ammoniaci erant gravidae, apud primos Hygroscopiae auctores frequentissimus erat usus. Primus hunc indicasse videtur *Otto de Guericke* (5), quem secuti sunt *Boyle* (6), *Arderon* (7), *Burrhard* (8), *Hales* et *Desaguliers* (9). Ad eandem aetatem referendus etiam est lanae et gossypii usus hygroscopicus, de quo scripserunt *Sturm* (10) et *Dalencé* (11). Recentius algam marinam eodem fine proposuit *de la Guerrande* (12).

2°. Species quaedam *Oryctognosticae*, quae omnes spectant recentius aevum. Huc

(1) *Lampadius*, Syst. Gr. der Atmosphärologie, 1806. p. 110.

(2) Allg. Nord. Ann. VIII. s. 217. Cf. *Gehler*, Physik. Wörterb. neu bearbeitet, V. 1. p. 611.

(3) Journ. de Phys. 1778. Tom. I. p. 421.

(4) Tenendum est, ne nimis urgeatur haec nostra divisio. Nunquam enim ad systema quoddam perfecte sese accommodat Natura. Quam hisce §§ exhibemus, classificatio accedit quidem ad eam, quae §. 2. proponitur, non vero prorsus illi convenit. Etenim plurimae materiae exsiccantes, si jam multum vaporis condensaverint, evaporatione spontanea hunc partim laxant. Neque ab altera parte inter corpora absorbentia hygroscopica desunt, quae vim chemicam sibi junctam habent. Exemplo sint spongiae, alcali gravidae, nec non algae, quae verosimiliter cum ob structuram porosam, tum ob salia contenta, imprimis hydriodas potassae, vaporem condensant.

(5) *Gehler*, l. c. p. 610 in nota.

(6) Phil. Trans. 8. 613.

(7) Phil. Traus. 1746.

(8) Ann. of Phil. VII. 479.

(9) *Desaguliers*, Natuurkunde, D. II. p. 387.

(10) Phys. elect. pag. 280 voll. curios. 1676.

(11) Traité des Barom., Therm. et Notiom., Amst. 1688. cf. versio belg. 1738, p. 118.

(12) *Lichtenberg*, Mag. III. St. II, s. 159.

Huc pertinet lapis quidam argillaceus, aluminosus, scissilis, quem vero accurate descriptum non inveni. *Inochodzow* hanc materiam ad Wolgae ripas reperit et expertus est, eam $\frac{1}{2}$—$\frac{1}{3}$ ponderis sui augeri per vaporis additionem (1). Fuit idem lapis a *Lowitz* perquam laudatus, cujus auctoritate insignem in re hygrometrica obtinuit famam (2). Similem materiam arte paravit *Ludicke*, licet parandi rationem non in lucem ediderit (3). Eodem denique referendus est achates oculus mundi, quem nostro fini adhibitum memorat *Schreiber* (4).

3°. tandem *lamina vitrea depolita*, quam inprimis laudavit *Hochheimer* (5).

§. 9.

De apparatu cel. Guyton-Morveau.

Jam accedimus ad instrumentorum expositionem; qua in causa exordiendum erit ab apparatu, quo indirecte problema hygrometricum solvitur.

Omnes quidem chemici, si ad operationes suas aërem quendam, campana inclusum, vapore liberare velint, per exsiccantia eum exhauriunt; qui vero peculiare hujus generis instrumentum excogitavit, ut vaporis condensati quantitatem detegeret, fuit, uti suprà dictum est, cel. *Guyton-Morveau*. Hic enim vasculum vitreum, exacte ponderatum et materiem exsiccantem continens, ansâ et vecte ferreis ita instruxit, ut exacte obturatum sub hydrargyro, aërem campanae secludenti, in hanc ipsam duci posset. Dein vero per vectem operculum aperiebatur, ac, ubi satis diu materiae exsiccantis actioni vapor fuerat expositus, denuo obserabatur, quo facto vasculum, ex campana extractum, ansa sua liberari, ponderisque augmentum per bilancem explorari poterat (6).

§. 10.

De bilancibus in usum hygrometricum tractis.

Omnes autem, quas enumeravimus, materiae hygroscopicae fuerunt etiam cum bilance ita compositae, ut una verum efficerent instrumentum, observandae humiditati destinatum, i. e. hygroscopium, scala munitum. Hunc in finem bilancis scapo appendi solebant, quae massam continuam efficiunt, materiae, uti spongia; vel lanci immitti, quae pulverem referunt, uti salia, aut liquorem, uti acida. Ipsae bilances aut staterae usui hygrometrico ita fere comparatae erant, ut scapi inclinatio per

(1) Acta Petrop. 1778. p. 193.
(2) Gött. Mag., III. Jahrg. St. II.
(3) *Gilb.* Ann. I. p. 282. et V. p. 97.
(4) Naturforscher, 1783. St 19.
(5) *Gilb.* Ann. I. 297.
(6) Annales de Chimie, T. 68. pag. 1. cf. infra Tab. I.

per appositam circuli partem, cujus centrum centro motus congruebat, observari posset. Index autem, hujus circuli gradus percurrens, erat vel bilancis lingula, ut in instrumentis Cll. *Boyle*, *Gould* et *Hochheimer*, vel alterum scapi brachium, ut in hygrometris virorum Doctt. *Gould* et *Arderon*. Alii autem bilances variis indicibus onerarunt. Sic *Lowitz* staterae adjunxit apparatum perquam artificiosum, ut indicationem scala lineari conspiceret. Sacomati scil. appendit catenam argenteam, ex ansulis exacte aequalibus compositam, quaa juxta scalam pendebat. Jam vero hujus catenae longitudo diversa, ut aequilibrium adesset, in scala ponderis mutationem indicabat (1). Hunc apparatum emendavit *Ludicke*.

Bilancis formam immutarunt *Renes* (2) et *Burrhardt* (3), qui *Lamberti* ad modum, centrum motus in lingulae apice ponerent et huic filum perpendiculare appenderent, quod ipsius scapi inclinationem aucto pondere indicaret. *Desaguliers* tandem, omnem relinquens bilancis formam, indicationem cylindri revolutione determinavit (4).

§. 11.

De datis hisce, Hygrometriae applicatis.

Enumeratis jam singulatim materiebus hygroscopicis, in nostram methodum adhibitis, et expositis instrumentis, quae eorum pondera determinant, restat, ut videamus, quomodo ex utraque hac re conjuncta, problema hygrometricum denodare conati fuerint physici. De Exsiccantium usu in aëre secluso nihil addendum habeo. Integra enim methodus apparatus descriptione continetur. De eorundem autem in aëre aperto adhibitione praecipiunt *Senebier* et *Lampadius*, ut per determinatum tempus agat cognita eorum dosis, omni aquâ privata; unde ex comparatis, diverso tempore, ponderum incrementis dijudicatur aëris conditio. Tandem vero quoad Absorbentia hygroscopica, substantiae quidem organicae vix scalam obtinuere, cum plerumque fuerint ab antiquioribus modo physicis adhibitae ac dein neglectae; *Lowitz* autem, *Inochodzow* et *Hochheimer* hygrometra oryctognostica et vitreum omnino scala munivere, cujus partes inter maximum humiditatis et siccitatis comprehenduntur. Et hanc quidem scalam ad ipsius substantiae humiditatem composuere. Puncta enim fixa posuere, alterum in materiae pondere, postquam in aquam demersa, omnem humoris quantitatem, cujus erat capax, absorbuerat; alterum in pondere, quod materia, per violentam ignis actionem exsiccata, tenebat. Spatium intermedium in numerum quendam arbitrarium graduum divisere.

PARS

(1) Gött. Mag. Jahrg. III. St. 4. p. 191.
(2) *Leupold*, theatr. machin.
(3) Annals of Phil. 7. 479.
(4) Delineationes horum instrumentorum proponuntur Tab. II.

PARS CRITICA.

§. 12.

De pretio et fide, methodi fundamento tribuendis.

Accedimus ad illam pensi nostri partem, qua ex principiis ante positis, dijudicanda est, quam nunc enarravimus, physicorum opera. Non vero incongruum erit, ante de ipso methodi fundamento quaerere, quanti sit aestimandum et qualis ei concedenda fides?

Pondus et certissime et directe materiae referre quantitatem nullum est dubium. Si autem vapor huic examini subjiciatur, omnis in experimenti cura salus erit quaerenda. Quum enim methodus immediata sit, nullae aliunde conditiones accedere possunt, quae ejus fidem confirment aut reprobent.

Longe autem alia res est, si ex relativo pondere materiae quantitas derivetur. Hic sane problematis solutio multis complicatur difficultatibus. Erit enim ratio habenda affinitatis chemicae, aut hygroscopicae. De *Affinitate* autem dicere solemus, ut rem obscuram designemus, quae vix ad simplices leges reduci possit. Accedit vaporis conditio, et pro ejus elasticitate, et pro temperatura sexcentis variationibus exposita; quae igitur per se jam obscura, re etiam obscuriori sit declaranda. Ex his ergo satis patet, gravissimis difficultatibus premi hanc methodi rationem et vix felicem ejus successum exspectari posse. Ne vero praeceps judicium pronuntiasse videamur, singulas quaestionis partes critice explorabimus, et quaenam fuerint in iis optima indicabimus.

§. 13.

De Exsiccantium virtute.

Duplicis generis de iis judicium erit ferendum, pro vario, cui, uti jam exposuimus, addicuntur, usu. Siquidem vaporem exhaurire debeant, conveniet omnium maxime *acidum sulphuricum*, quod, ex plurimorum chemicorum consensu, omnia reliqua vi praecellit, aquam et attrahendi, et retinendi. *Alcalia* et *salia* huic quidem substantiae cedunt, attamen tali vi pollent, qualis fere sufficit. De *terris* autem notandum est, juxta experimenta Cl. *Leslie* (1), in genere praestare molles, alumino-

(1) Kurzer Bericht von Vers. u. Instr. die sich auf das Verhalten der Luft zu Wärme und Feuchtigkeit beziehen, Leips. 1823. pag. 112.

nosas, durioribus, silicosis; unde apparet, non augeri vim eorum exsiccativam, siquidem igne indurentur (1).

Si vero Exsiccantia, cum bilance hygroscopica combinata, aëri aperto exponantur, non adeo ex potestatis intensione, quam ex ejus constantia et regulari progressu erunt dijudicanda. Hic autem non dubitamus, subcarbonati potassae fuso et chlorureto calcii, ex Cll. *Senebier* et *Lampadii* testimoniis experientia fundatis, palmam tribuere.

§. 14.

De absorbentium hygroscopicorum virtute.

Quodsi ad eas materies nos convertamus, quae ob structuram suam sorbent aëris vaporem, concedimus quidem, de indicationis et indicati analogia apud eas hucusque vix certi quid proferri posse: desunt enim experimenta, quae unice argumentum hoc obscurum illustrare valent; quod vero attinet tertiam et quartam conditionem, quibus eas satisfacere debere monuimus, manifeste sequentibus vitiis laborant.

1. Temporis lapsu vim suam ita perdunt, ut vix actionem quandam exercere possint; quo vitio quum sensim paulatimque corripiantur, incertam esse eorum indicationem patet. In talem mutationem inprimis proclives sunt materiae organicae, neque eadem immunes oryctognosticae; vitrum forsan minus eo laboret.

2. Non sat cito aëris assumunt humiditatem, unde sequitur, usui meteorologico eas non esse adaptatas.

3. Nullae vero eadem facilitate aquam perdunt, qua eam absorbuere. Evaporatio in iis longe difficilius procedit, quam condensatio; unde fit, ut aëris mutationibus non bene respondeant hae substantiae. Materiae organicae hoc respectu omnium sunt vitiosissimae; ipsum vero *Lowitzii* lapidem ejusdem vitii accusat *Hochheimer*.

4. In aëre aperto pulvisculis aliisque substantiis heterogeneis onerantur, eoque magis, quo majorem offerant aëri superficiem; qualis caeterum dispositio sensilitatem promovet. Hoc respectu damnanda est lamina vitrea depolita.

§. 15.

De indicandi rationibus aptis aut ineptis.

Adeo simplex est apparatus cel. *Guyton-Morveau*, ut ejus perfectio tota pendeat a practica machinae constructione. Siquidem operculum adeo accurate vasculum clau-

(1) Hae ergo in re errantem offendimus Cel. *de Luc*, qui, ex fallaci theoria, calcem in antecessum candefaciebat, ut absolutam in campana siccitatem obtineret.

claudat, ut nullus hydrargyro concedatur introitus, sub ipsius extractione; siquidem vasculum et sal eo contentum non nimium pondus habeant ratione vaporis; si denique ponderis augmen accurata bilance bene determinetur, egregie fini suo respondebit; licet ab altera parte negari non possit, haec omnia, ob exiguam vaporis gravitatem non nisi difficillime obtineri. Quoad bilances, tanta eae hodieque cura conficiuntur, ut hac in causa vix quid desiderari possit. Accuratior quidem foret ponderum additio, quam observatio scalae; sed nimum ea postulat observandi tempus, per quod ipsum mutari possit aëris conditio. Convenit ergo omnino scala, per indicem percurrenda; quae methodus ad magnam perfectionem adduci possit per junctum indicis apici microscopium, filo munitum, quod gradus declararet in divisione perquam subtili et accurata. Quod vero ad artificiosos Cll. *Desaguliers* et *Lowitz* apparatus attinet, hos rejiciendos putamus, utpote nimis complicatos; quo fit, ut facile in errores ducant.

§. 16.

Conclusio.

Postquam ergo singulas hujus methodi partes lustravimus ac dijudicavimus, hinc quaestionem decidere conveniet: num ea, quae apud physices auctores inveniuntur, data problemati nostro vel integre vel quadantenus solvendo sufficiant?

Ex disputatis autem satis manifestum putamus, methodum Cel. *Guyton-Morveau*, si accurate pertendatur, sufficere ad vaporis quantitatem in determinata cujuscunque aëris parte inveniendam. Quum vero omnis vaporis separationem postulet et ipsam aëris conditionem immutet, sequitur, eam nec meteorologico, nec alii usui practico inservire posse, nisi chemico.

Quoad alteram methodum, Exsiccantia bilanci appensa subinde renovanda sunt, et, quum admodum difficile sit, perfecte eandem hic obtinere illorum compositionem, materiei rejectae scala vix novae inservire possit. Hinc totum instrumentum non exhibet constantem observationem.

Hoc quidem vitio minus laborat tertia methodus. Quandoquidem vero neque absorbentium hygroscopicorum indicatio constans sit, neque experimenta fuerint instituta, quibus ea cum aëris conditione compararetur, sequitur hanc methodum non eo perfectionis fuisse adductam, ut problemati nostro solvendo esset apta. Talis autem ut fieret, integra series experimentorum subtilissimorum requiratur, ad rationem determinandam inter vaporis densitatem, temperaturam et quantitatem, quam materiae hygroscopicae cedat. Quamdiu vero materies desideretur, quae requisitis a nobis enumeratis respondeat, minoris pretii habenda erunt, quaecunque hujus rei gratia institui possunt experimenta.

SE-

SECUNDA HYGROMETRIAE METHODUS,

QUAE EST PER MENSIONEM.

PARS THEORETICA.

§. 17.

De methodi fundamento cum praecedente collato.

Praeter ponderis immutationem, ex materiae quantitate aucta, et alium effectum condensatione sua producit vapor, quo scil. corporum volumen amplificat. Hinc igitur alterius oritur methodi fundamentum, quae a praecedenti multum quidem distat, nec tamen una ratione eidem convenit. Ut vero utramque comparemus, de nova hac methodo observasse convenit, illam nullum posse nisi mediatum et indirectum de vaporis conditione ferre judicium, quod per altus generis experimenta dein declarandum erit. Accedit, quod omnes materies huc spectantes si per aquam absorptam dilatatae fuerint, dein per evaporationem facillime iterum contrahantur. Ex quibus ergo intelligitur, proxime his accedere ea praecedentis methodi instrumenta, quae ex absorbentibus hygroscopicis erant parata. Haec naturalem quasi transitum utriusque methodi efficiunt. Materies enim secundae methodo aptae, aeque ac illae sunt absorbentes hygroscopicae, s. capillares; utraeque ergo aëris sequuntur immutationes. Longe autem iis praestant. Quum enim vaporis pars, licet pondere tenuis, insigne tamen voluminis adferre possit incrementum, jam a priori conclusio probabilis est, hujus classis instrumenta praecedentibus longe fidelius aëris exaratura esse conditionem. Merito igitur methodus illa per ponderationem tanquam imperfectum hujus nostrae specimen considerari potest. Quaecunque enim in praecedenti methodo tanquam vitiosa tentamina rejecimus, hic ad majorem perfectionis gradum perducta inveniuntur; quae in praecedenti desiderantur, hic fuere elaborata.

Ante vero quam inquirimus in ipsos Physicorum labores, oportebit, normam nobis paremus, ex qua suum cuique parti et locum tribuamus et pretium, ne, per vastissimum campum coece ruendo, misere exspectatione nostra frustremur.

§. 18.

§. 18.

De diversis methodi partibus.

Quandoquidem materiae hygroscopicae volumen ab aequilibrio pendeat inter vaporis tensionem et vim materiae condensantem, sequitur, illud indicare aëris dispositionem, materiae vaporem cedendi. Ut autem ex hac dispositione cognoscatur absoluta vaporis quantitas, opus erit formulis empiricis, quae illam ad hanc reducere possint.

Patet ergo, duplici parte nostram methodum contineri:

1. Observatione, quae fit per instrumentum,
2. Calculo, ex experimentis alius cujusdam generis derivato.

Jam vero de utroque argumento succincte ita agemus, ut, postquam vidimus quid attingi debeat, conditiones quasdam ponamus, quibus si fuerit satisfactum, vera adesse Hygrometria potest; dein vero exponamus, quomodo his satisfiat.

§. 19.

De Instrumenti conditionibus.

Per Hygrometrum positivam quandam normam obtinere cupimus, quae certam refert vaporis conditionem, qualis ut habeatur, in illo requiruntur:

1. ea *Mobilitas*, ut continuo aëris indicet statum hygrometricum, eo ipso, quo observatur tempore.
2. talis *Immutabilitas*, qua sub iisdem rerum adjunctis idem semper ostendat volumen.
3. *Analogia* inter vaporis mutationem et instrumenti indicationem.
4. *Extensio* variationum satis ampla, ut vel exiguam indicet vaporis mutationem.
5. *Comparabilitas*, qua omnia Hygrometra ejusdem generis semper eodem tramite procedunt.

§. 20.

De instrumenti partibus.

Ut has conditiones expleant, ipsa instrumenta triplici parte constare, necesse est. *Primo* nimirum adsit materia, in quam agit vapor aqueus, quae sit prompta, immutabilis, ipsique causae agenti analoga (cond. 1, 2, 3.). *Dein* cum apparatu connectatur tali, ut minutam etiam mutationem manifestam reddat (cond. 4.). *Tandem* vero scala requiritur, eaque in omni instrumento similis, quae voluminis indicet quantitatem (cond. 5.).

§. 21.

De apta harum partium actione et conspiratione.

Quum ex diversis his partibus hygrometrum nostrum sit compositum, examinandum est, quid in singulis requiratur, ut non tantum proprio suo munere rite quaevis fungatur, sed etiam cum reliquis in unum finem tendat atque conspiret.

Prouti ergo materia, quae basin efficit instrumenti, prompta esse debet et immutabilis, ita index eadem hac ratione agat oportet. Continuo proponat et fide voluminis mutationem, quam si augeat, illabefactam reddat. Frictio ergo sit aut nulla, aut sine vitio negligenda; partium lusus aliaeque errorum causae evitentur.

Ut vero volumen determinata mensura innotescat, scala apponenda est, juxta unitatem quandam divisa, quae, si comparabilitas quaeritur, ipsi adaptanda est materiae naturae. Ea autem duplici ratione invenitur. *Vel* enim unum punctum scalae fixum ex constanti materiae volumine pro cognita humiditatis conditione determinari potest et unitas ex hujus voluminis partibus desumi; *vel*, prouti fit in thermometro, duo puncta fixa assumi et spatium intermedium in certum partium numerum dividi. In omni autem puncto fixo postulatur, stabile sit et facile obtinendum.

§. 22.

De scala naturali.

Sic ergo perfectum existit Hygroscopium, i. e. instrumentum, quod dilatationem materiae cujusdam per vaporem aqueum exacte metitur, dum volumen ipsi humiditati respondet. Quaeritur vero: quomodo ex scalae gradibus effici possit vaporis quantitas in aëris portione, determinata? Est haec altera pars et longe difficillima in extricando problemate nostro. Ex vaporis autem legibus, quarum cognitionem recentiori inprimis aetati gratam referimus, normam aliquam *a priori* construere licet, quae integre problema solvat. Ad hanc ergo poterunt referri et cum hac comparari, quaecunque *a posteriori* innotuere de scala, usui practico adaptata.

Scil. in vapore aqueo suum cuique temperaturae est densitatis et elasticitatis maximum. Si, volumen imminuendo, ultra hunc terminum eas augere velis, operam frustra insumes, partem modo vaporis condensaturus. Hinc consequitur, si e elasticitatem, t temperaturam indicat, esse

$$e = F(t)$$

quae functio si fuerit determinata, thermometri indicatio vaporis in saturato spatio docebit quantitatem. Ex theoremate enim Cl. *Gay-Lussac* est

$$d = \tfrac{5}{8}\,\frac{e}{760}\,w$$

quae

quae formula vaporis densitatem d comparat cum aëris atmosphaerici pondere $w = 0^g,2591$ ad $0°C$. et $760^{mm} B$. Siquidem vero illum vaporem dilates, ejus densitas imminuetur et longius longiusque a saturationis maximo recedet, donec tandem, dilatatione infinita omnis evanescat. Jam igitur illud maximum pro lubitu in quendam partium aequalium numerum dividi potest, quae non incongrue *saturationis gradus* audient. Ex horum autem conjunctione existit *scala naturalis*, cujus alterum punctum fixum, pro omni temperatura respondet densitatis maximo, alterum vero ejusdem minimo, i. e. perfectae vaporis absentiae. Quodsi illud intervallum in quemlibet graduum numerum n dividatur, quodvis scalae punctum m indicabit densitatem

$$\delta = \frac{m}{n} d = \frac{m}{n} \; \frac{5}{8} \; \frac{F(t)}{760} \, w$$

eritque $\delta : \delta' = m : m'$

Ex his ergo patet, vaporis quantitatem aëre contentam functionem esse temperaturae et saturationis gradus. Idem horum graduum numerus diversam vaporis partem denotat, pro calore diverso; idem calor pro diverso saturationis gradu. Observatis autem utrisque simul, erit ea plane determinata. Jam vero Thermometrum indicat temperaturam; si ergo Hygrometrum saturationis gradum docere possit, nihil amplius desiderabitur in problematis nostri resolutione.

§. 25.

De scala artificiali.

Quum voluminis expansio in materiebus hygroscopicis determinetur etiam eorum natura, sequitur, earum scalam non tantum pendere a vaporis in aëre conditione, sed et a substantiae reactione. Hinc probabile est, illam scalam non simpliciter vaporis leges esse secuturam, neque ergo fore naturalem. *Artificialem* eam appellemus, quae caeteris paribus, eo erit perfectior quo propius ad naturalem accedat, i. e. quo magis naturae hygroscopicae materiae subtracta, vaporis unice legibus obediat. Optime ergo conveniet, si utriusque puncta coincidant, quod de fixis inprimis valet, i. e. si maximum dilatationis in hygroscopio congruat perfectae vaporis saturationi ac illius minimum hujus absentiae.

Qualiscunque autem sit haec scala, oportet, ad naturalem reduci possit; qua in causa cum theoria perparum valeat, confugiendum est ad empiriam.

Si igitur μ indicat quemlibet graduum numerum, sive quodlibet punctum in scala artificiali, (quae comprehenditur, prouti naturalis, intra 0 et n gradus) erit

$$\mu = mx$$

in qua formula x per experientiam determinari debet. Est autem ex praecedentibus

$$m = n\frac{\delta}{d}$$

i. e. pendet gradus scalae naturalis a vaporis densitate et a temperatura (nam d hujus est functio). Erit igitur

$$x = \frac{\mu d}{n\delta} = \frac{\mu F(t)}{n\delta}$$

ideoque ad triplicem functionem, gradum scil. scalae artificialis μ, temperaturam t et vaporis densitatem δ attendendum erit, ut inveniatur x; quo facto poterit, ratione inversa, cognosci δ ex observatis μ et t.

Nostra ergo methodus, ut fiat practica, experimenta postulat, quibus ita illustretur instrumenti indicatio, ut pro omni hygrometri et thermometri gradu cognoscatur vaporis quantitas.

§. 24.

De experimentis ad illustrandam Hygrometri indicationem.

Patuit ex praecedentibus, hygrometri gradum pendere a vaporis densitate et temperatura. Hinc ergo sequitur, experimenta duplicis generis esse debere. Scil. erit indagandum:

1. Temperatura quadam constanti, quaenam vaporis quantitates respondeant variis hygrometri gradibus, a maximo densitatis inde ad absolutam usque siccitatem. Sic igitur ratio obtinetur, pro temperatura quadam determinata, inter scalam naturalem et artificialem. Ex sufficiente jam observationum numero, interpolationis auxilio, tabula construi potest earum quantitatum pro omni hygrometri gradu, temperatura non mutata.

Quodsi quaeritur de aptissima interpolandi ratione, videtur optime hic loci convenire talem empiricam formulam, quae nullum reliquis praeferens experimentum, omnia inter sese combinat et sic tota innititur observationibus. Recentior autem analysis hujusmodi adminiculo physicum donavit per methodum, quae dicitur, minimorum quadratorum, quae praeterea de ipsa experimentorum probabilitate nos certiores reddit.

Sit igitur pro constanti quadam temperatura t, sequens experimentorum series:

o	o	o
μ	δ	ε
μ'	δ'	ε'
μ''	δ''	ε''
n	d	e

ex qua per methodum minimorum quadratorum formula generalis efficienda est.

Est $$\delta = F(\mu)$$

quae

quae functio exprimi potest formula

$$\delta = a\mu + b\mu^2 + c\mu^3 + \ldots\ldots$$

Jam vero summatione serierum, earumque terminorum inter se combinatorum, sequentes obtinentur aequationes:

$$\Sigma\delta\mu = a\Sigma\mu^2 + b\Sigma\mu^3 + c\Sigma\mu^4$$
$$\Sigma\delta\mu^2 = a\Sigma\mu^3 + b\Sigma\mu^4 + c\Sigma\mu^5$$
$$\Sigma\delta\mu^3 = a\Sigma\mu^4 + b\Sigma\mu^5 + c\Sigma\mu^6$$

Hinc ex regulis solvendae aequationis deducitur

$$a = \frac{\Sigma\mu\delta(\Sigma\mu^4\Sigma\mu^6 - \Sigma\mu^5\Sigma\mu^5) + \Sigma\mu^2\delta(\Sigma\mu^4\Sigma\mu^5 - \Sigma\mu^3\Sigma\mu^6) + \Sigma\mu^3\delta(\Sigma\mu^3\Sigma\mu^5 - \Sigma\mu^4\Sigma\mu^4)}{\Sigma\mu^2(\Sigma\mu^4\Sigma\mu^6 - \Sigma\mu^5\Sigma\mu^5) + \Sigma\mu^3(\Sigma\mu^4\Sigma\mu^5 - \Sigma\mu^3\Sigma\mu^6) + \Sigma\mu^4(\Sigma\mu^3\Sigma\mu^5 - \Sigma\mu^4\Sigma\mu^4)}$$

$$b = \frac{\Sigma\mu\delta(\Sigma\mu^4\Sigma\mu^5 - \Sigma\mu^3\Sigma\mu^6) + \Sigma\mu^2\delta(\Sigma\mu^2\Sigma\mu^6 - \Sigma\mu^4\Sigma\mu^4) + \Sigma\mu^3\delta(\Sigma\mu^3\Sigma\mu^4 - \Sigma\mu^2\Sigma\mu^5)}{\Sigma\mu^2(\Sigma\mu^4\Sigma\mu^6 - \Sigma\mu^5\Sigma\mu^5) + \Sigma\mu^3(\Sigma\mu^4\Sigma\mu^5 - \Sigma\mu^3\Sigma\mu^6) + \Sigma\mu^4(\Sigma\mu^3\Sigma\mu^5 - \Sigma\mu^4\Sigma\mu^4)}$$

$$c = \frac{\Sigma\mu\delta(\Sigma\mu^3\Sigma\mu^5 - \Sigma\mu^4\Sigma\mu^4) + \Sigma\mu^2\delta(\Sigma\mu^3\Sigma\mu^4 - \Sigma\mu^2\Sigma\mu^5) + \Sigma\mu^3\delta(\Sigma\mu^2\Sigma\mu^4 - \Sigma\mu^3\Sigma\mu^3)}{\Sigma\mu^2(\Sigma\mu^4\Sigma\mu^6 - \Sigma\mu^5\Sigma\mu^5) + \Sigma\mu^3(\Sigma\mu^4\Sigma\mu^5 - \Sigma\mu^3\Sigma\mu^6) + \Sigma\mu^4(\Sigma\mu^3\Sigma\mu^5 - \Sigma\mu^4\Sigma\mu^4)}$$

unde illustratur formula generalis.

2. Restat autem indagandum, num ratio haec inter utramque scalam pro omni temperatura sit eadem. Erunt igitur vel experimenta memorata pro omni temperatura repetenda, vel ex determinati caloris effectu exsiccante ad varios hygrometri gradus hac in causa judicium ferendum.

Hac ergo ratione ex utraque serie caute combinata poterit in usum practicum tabularum apparatus computari, quarum ope hygrometrum nostrum integro problemati par est. Bene autem animadvertatur, eadem experimenta pro singulis, quae adhibentur, substantiis hygroscopicis esse repetenda.

PARS HISTORICA.

§. 25.

De Methodi historia.

Postquam ipsam ex suis principiis eruimus hanc methodum, ac inde duximus, quae requiruntur ut perfecta haberi possit, jam quaestio agitanda est, quid in illa praestiterint physici? Patuit ex praecedentibus, neminem hanc methodum bene instituere posse, nisi qui his rebus muniatur: *materia hygroscopica s. Basi*, *Indice*, *Scala* et *Tabula*. Hae enim simul sumtae methodum integram efficiunt. Ipsa au-

autem ejus fata docent, eas res non continuo in unum apparatum fuisse junctas, verum sensim paulatimque indicem materiae, scalam indici et denique his omnibus, ultimum decus, accessisse tabulam. Neque ergo uno tramite a rudiori statu pedetentim ad majorem perfectionis gradum perducta fuit nostra methodus, verum novo identidem ornata adminiculo.

Prima nimirum hujus generis hygroscopia (saec. XVII), quorum locupletem collectionem exhibent *Dalencé* (1), *Wolff* et *Leupold* (2), ex basi constabant et indice. His scala quidem apposita erat, metiendae dilatationi apta, non vero comparabilis, cum deesset omne punctum fixum. Hoc demum versus medium saeculi praecedentis *Smeaton* (3) aliique perfecere. Tandem vero his omnibus addita sunt experimenta, quae summum instrumento pretium conciliarent, ut scil. absolutam vaporis quantitatem detegeret, qua in causa, licet imperfecte, praeivit cel. mathematicus *Lambert* (4).

Nemini vero in omni hoc negotio tanta laus est tribuenda, quanta illustri *de Saussure* (5), qui non solum omnibus instrumentis jam cognitis melius substituit ac tutius, verum etiam docuit, ipsam vaporis naturam et quantitatem ex veris explorare principiis, ita ut hygrometriae Instaurator jure habeatur. Huic secundus accedit conficientissimus *De Luc* (6), qui, strenuus *Saussurii* adversarius, hygrometricam doctrinam prolixa auxit experimentorum et ratiociniorum mole; illam vero non una ratione emendavit. Utriusque viri hygrometrum etiamnum in omnium manu versatur. Denique his adjiciantur recentiorum physicorum, inprimis *Gay-Lussac* (7), opera, quae omnia eo tendunt, ut methodum, veris principiis superstructam, totam absolvant.

Hunc autem generalem hujus partis conspectum sequatur methodica singularum partium expositio.

Erit ergo videndum:

1°. Quaenam materiae hygroscopicae fuerint adhibitae?

2°. Quanam ratione earum mutationes oculis subjicere tentatum fuerit?

3°.

(1) Traité des barom., thermom., et notiom., Amst. 1688.

(2) Theatrum aërostat. ap. VII. pag. 288.

(3) Phil. Transact. 61. 198.

(4) Mém. de Prusse, 1769 et 1772.

(5) Essai sur l'Hygrometrie, Neufchatel 1783.

(6) Phil. Transact. 81 et 82. Idées sur la Météorol.; Introduct. à la Phys. terr. II. Alii hujus physici tractatus de eodem argumento passim in diariis, imprimis in *Annales de Chimie*, occurrunt.

(7) *Biot* Traité de Phys. I. 385.

3°. Quaenam scalae fuerint constructae?

4°. Quibusnam experimentis hygrometrum aptum redditum fuerit ad vaporis quantitatem indicandam?

§. 26.

Materierum hygroscopicarum classificatio.

Non mirum est, si omnes materies hunc in finem adhibitae ex regno organico petantur. His enim permultae partes inesse debent, humoribus vitae organicae quasi perfiltrandis destinatae, quae ergo, ipsa sua natura, actionem quandam in vaporem exserere probabile est. Ne vero insigni illa confundamur copia, quae undique nobis affluit non tantum ex vegetabili, sed etiam ex animali regno, omnes divisione quadam generali comprehendere conabimur. Si igitur diversam ipsarum formam respicimus, et, quae hinc provenit, rationem effectus suos patefaciendi, ad tres potissimum classes redigendae videntur.

Prima classis materies continet *tortas*, quae pro humiditatis statu fortius intorquentur aut relaxantur, et sic antrorsum et retrorsum revolvuntur.

Altera classis *vesiculares* aut *vasculares*, quarum capacitas augetur per vaporem absorptum.

Tertia denique classis *longitudinales*, easque vel *cylindricas*, vel *planas*, quae omnes una modo dimensione mutationem indicant.

§. 27.

De substantiis tortis.

Ad primam ergo classem referimus:

1°. *Substantias quasdam vegetabiles:* barbam vel granum avenae fatuae, quo usus est *Maignan* (1), et quod laudavit inprimis Doct. *Hook* (2). Huic imposita seta naturalem indicem constituit. Glumam Andropogi contorti, qua in Asia versans usus est *Kater* (3), geranium moschatum et malacoïden, a *Barbosa* (4), carlinam vulgarem a *Bjerkander* (5) laudatam, aliaque hujus generis plura.

2°.

(1) *Dalencé* l. c.

(2) Micrographia, pag. 150.

(3) Asiatic. Researches T. IX. N. II et IX.

(4) Mem. da Ac. real. das Sciencias de Lisboa, 1780. Cf. Gehler l. c.

(5) Neue Schwed. Abhandl. T. III.

2°. *Fila cannabina contexta*, quae hunc in finem adaptari possunt, inprimis si alcali fuerint gravida. Hujus generis instrumenta descripsere *Wolff* et *Leupold*, recentius autem adhibuit *Smeaton*.

3°. *Chordas intestinales*. Parantur eae ex intestinis, quae si aëre non tumeant, sed plana longam referant striam, bene madida ita intorquentur, ut cylindri formam assumant. Hanc materiam adhibuere, primo jam Hygroscopiae tempore, *Molineux* (1), *Sturm* (2), *Teubert*, *Lichtscheid*, *Leupold* (3), postea autem *Lambert*, cujus auctoritate prima fere inter antiquiora habere solebant, quae ex hac conficiuntur, hygrometra (4).

Intumescunt autem chordae per aquam, earum poros penetrantem. Siquidem hoc voluminis incrementum ab omni parte idem esset, observari vix possit. Quum vero fibrae transversae multo magis increscant quam longitudinales, insequitur ipsius materiae revolutio antrorsum vel retrorsum, facile observanda per indicem.

Hanc actionem inprimis indagavit cel. *Lambert*, qui postquam chordae structuram theoretice exposuerat, ipsiusque diametrum bene experimentis determinaverat, detexit, omnes chordas, si ejusdem sint virtutis eademque ratione parentur, sequentibus obedire legibus:

1. Numerus revolutionum est in ratione inversa diametri chordae et directa ejus longitudinis.

2. Celeritas revolutionum est in ratione directa longitudinis chordae et inversa ejus diametri. Quas leges a priori deductas confirmavit per observationes in aëre aperto institutas.

De chordarum praeparatione *Senebier* egregia monita practica dedit (5).

§. 28.

De substantiis vascularibus.

Altera harum substantiarum classis, quae ob cavam suam formam *vasculares* aut *ve-*

(1) Phil. Tr. n. 162. Acta erud. 1686. pag. 389.
(2) Colleg. curios. Norimb. 1676.
(3) Leupold, l. c.
(4) Mém. de Prusse, 1769 et 1772. qui tractatus idiomate germanico prodiere sub titulo: *Lambert's* Hygrometrie oder Abh. von den Hygrometern, aus dem Franz. Augsb. 1774. et ejusdem Fortsetzung der Hygr. Augsb. 1775.
(5) Journ. de Phys. 1778. T. I. p. 421.

vesiculares dici possunt, hygrometra constituit, praecedentibus jam perfectiora. Huc autem pertinent:

1. Cuticula interna Arundinis Phragmitae, quam commendavit *Adie* (1).
2. Saccus ex corio ovillo confectus, qualem adhibuit *Amontons* (2).
3. Rhachides plumarum, quarum antea frequentissimus erat usus. Ex his facile et simplex instrumentum confecit, primum *Capineau* (3), dein *Chiminello* (4), *De Luc* aliique. Absolutam autem illud parandi methodum, multis additis monitis practicis, exhibuit *Studer* (5).
4. Capsula ex ligno fagino, quam paravit *Leslie*.
5. Ejusdem generis est pyxis eburnea, tenuissimis parietibus, quam adhibuit *De Luc*, ubi primum Hygrometriam aggrediebatur (6).
6. Denique huc pertinet vesica urinaria Muris ratti, unde confectum fuit recentiori tempore a multis celebratum Cl. *Wilson* hygrometrum (7).

Monendum est, omnes has substantias, si volumen mutent, etiam capacitate mutari, ita ut nunc majorem, nunc vero minorem liquoris quantitatem continere possint.

§. 29.

De substantiis longitudinalibus.

Longe autem reliquis praecellit, et substantiarum copia, et instrumentorum, quibus ansam dedit (Tab. V et VI), perfectione, tertia classis, substantiarum nempe longitudinalium. Vegetabilia aeque ac animalia certatim hujus generis substantias obtulerunt physicis, qui sua vice summopere illis explorandis sese applicarunt.

Prae omnibus aliis huic examini insignem impendit operam, multosque annos sudavit in varia earum substantiarum indole perquirenda cel. *De Luc*. Hic autem, structurae ratione habita, has materias distinguit, prouti fibras vel longitudinales exhibent vel transversas. Scil. plurimae substantiae organicae ex fibris constant aut fibrarum fasciculis, seriatim sibi appositis. Siquidem autem vapor, sive condensatus, sive elasticus, materiae additur, incrementum voluminis ab omni parte obtinebit; et elongabuntur fibrae, et a se invicem removebuntur. Poterit ergo effectus alter-

(1) Edinb. Phil. Journ. N. I. 32.
(2) *Leupold*, l. c.
(3) Journ. de Phys. XV. 384.
(4) Opusculo scelti de Milano, Tom. I. pag. 1. cff. *Gilberts* Ann. IV. 479. et *Gehler* l. c. pag. 569.
(5) *Gilb.* Ann. L. IX. 309.
(6) Phil. Transact. 177.
(7) Ann. of Phil. IX. 318.

teruter tanquam humiditatis mensura assumi. Siquidem ille adaptetur, materiem ad *fila* aut *fasciculos* (*fils*, *threads*); si vero hic, eandem ad *segmenta sive lemniscos*, (*bandelettes*, *slips*) refert *De Luc*. Ubi fibrae longitudinales ea adsunt copia, ut planam materiae formam concilient, substantiae incrementum aeque ad ductum fibrarum ac transverse mensurae subjici potest. Ex hac ergo aeque fasciculi ac lemnisci parantur. Ubi autem ipsa materiae forma cylindrica est, non nisi fibrae elongatio observari poterit. Hinc ergo fila parantur. Hoc igitur principio distribuimus, quae ad nostram classem pertinent, materias, sequentes enumerantes (1):

1. *Varias lignorum species*, inprimis *molliores*. Quum vis eorum hygroscopica familiari vitae usu satis declaretur, non mirum est, si inter prima hygroscopia etiam lignea inveniamus descripta. Bracteas abiegnas hunc in finem varia ratione composuerunt *Haute-feuille* (2), *Täuber* (3), *Ferguson* (4), *Coniers* (5), *Aderon* (6); mahagoninum segmentum, transverse dissectum, *Franklin* (7). Vim autem ligni hygroscopicam de industria indagavit *Lampadius*, eamque comparavit cum ponderis incremento in diversis ligni speciebus (8).

2. *Substantias quasdam animales duras*, ad quas pertinet rhachis plumarum in spiram dissecta, a *Retzio* adhibita (9), inprimis autem balaena, in tenuissimam laminam derasa, quam plurimorum physicorum applausu proposuit *De Luc*. Hujus autem dilatationem a maximo siccitatis ad extremam humiditatem, aequalem ⅛ parti totius voluminis statuit auctor.

3. *Substantias quasdam animales membranaceas*, quae proprie nec segmenta dici possunt, nec fila, prouti sunt pergamenum, ad fasciolam descissum, et charta, quales substantias describit *Dalencé*; cuticula ovi, qua usus est *F. von Mayer* (10); ranae cutis, quam *Huth* (11); membrana denique interna intestinorum animalium (*goudslagershuid*), quam adhibuit *da St. Martino* (12).

4.

(1) Idées sur la météorol. Tom. I. Phil. Trans. 1791. et s. p.
(2) Pendule perpet. Paris 1678.
(3) Acta Erudit. Lips. 1687. pag. 76.
(4) Phil. Transact. T. LIV. pag. 259.
(5) Ibid. N. 480.
(6) Ibid. Tom. XLIV. pag. 185.
(7) Amer. Trans. II. 31.
(8) Grundr. der Atmosphärologie.
(9) *Lichtenb.* Mag. IV. 163. V. 115.
(10) *Gilbert's* Ann. II. 49. 307.
(11) Journ. von u. für Deutschl. 1784. s. 473. conf. *Gehler* l. c. pag. 597.
(12) Opuscoli scelti da Milan. Tom. VIII. pag. 4. conf. *Gehler* l. c. pag. 597.

4. *Fila proprie sic dicta*, quae una tantum directione adhiberi possunt, qualia et in primis inveniuntur hygrometris et in recentissimis maximeque celebratis; ita tamen, ut antea quidem in usu essent fila congeminata sive duplicaria, qualia sunt restes et funes e cannabi texti, postea vero simplicia, quo pertinent fila ex intestinis bombycis sericei parata, quae *Casbois* primum adhibuit, emendavit dein *Cazalet* (1). Porro capillus humanus, unguine suo per praeviam coctionem cum solutione subcarbonatis sodae privatus, quo celebratissimum suum hygrometrum paravit *de Saussure*, qui ejus dilatationem $= \frac{1}{48}$ ponit. Tandem sericum rude (*fils de cocon*), quod *Parrot* (2) ac dein *Babinet* adhibuere.

§. 50.

De diversis indicum speciebus.

Jam diversae nobis sunt materies, validis instructae viribus hygroscopicis et sic volumine aucto causae mutationem indicantes. Quum vero harum substantiarum variationes fere minoris sint quantitatis, quam ut per se satis accurate observari possint ac mensurae subjici, oportet apparatus adjiciatur, quo et ipsa mutatio accurate indicetur, et, si opus est, augeatur. — Jam igitur videndum est, quasnam machinas hunc in usum verterint physici. Prouti autem in ipsa materiarum diversitate exponenda triplicem divisionem assumpsimus, desumtam illam a materiae forma, quae effectus rationem determinat, ita et triplex erit eum indicandi ratio. Vel enim effectus illi erunt conspicui in materiae contorsione, vel in capacitate mutata, vel in una tantum dimensione alterata. Hinc sponte sequitur, indicem esse *revolubilem*, *tubulatum*, aut *vectiarium*.

§. 51.

De indice revolubili.

In substantiis contortis finis alter puncto fixo ligatur, alteri autem index s. aculeus apponitur, qui in plano vertitur ipsi substantiae verticali. Circulum ergo describet, in quo si determinatae sumantur partes, gradus v. c. ipsius circuli, optime indicabitur materiae mutatio. Tali igitur apparatu usi sunt, quos enumeravi §. 27. physici. Praeterea *Täuber* aliique filum solutum indici appenderunt, quod, ipsam substantiam circumeundo, numerum indicabat revolutionum; quem in finem alii alia invenerunt artificia, quae tamen omnia minoris sunt momenti. Ultima fere, quae pa-

(1) *Rozier*, obs. sur la Phys. etc. Juillet 1786. pag. 349.
(2) Theoret. Physik II. 420.

parata sunt, hujus generis instrumenta construxit *Lambert* et, ex ejus mente, *Brander*, mechanicus Augsburgensis (Tab. III). Hodieque enim reliquis cedere debuerunt.

§. 32.

De indice tubulato.

Ad capacitatem metiendam thermometri forma commode fuit adhibita. Tubus vitreus, in gradus divisus, applicatur ipsi pyxidi hygroscopicae, quae ergo thermometri bulbum refert. Dein vero infunditur hydrargyrum, cujus jam adscensio aut descensio in tubo, pyxidis indicabit contractionem aut expansionem. Egregie hunc apparatum descripsere *De Luc* et *Studer*. Facile autem intelligitur, hoc instrumentum simul agere thermometrice et effectum hygrometricum summam esse aut differentiam totius mercurii elevationis ejusque dilatationis. Hinc ergo *De Luc* correctionem instrumento addidit elegantem simul et simplicem, qua, hygrometri scala mobili, originem scalae deprimeret aut elevaret, pronti caloris effectus posceret.

§. 33.

De indice vectiario.

Diversissimae formae conciliatae fuere machinis, quibus indicatur longitudinis incrementum; quot enim viri antiquitus hygroscopiae studiosi, tot numerantur apparatus. Longum sit ac taediosum hos singulos hic describere. Sufficiat ergo universe notasse principia ex quibus confecti fuere. Ab altero fine per instrumenti basin punctum fixum acquirit materia hygroscopica, ab altero autem annectitur vecti, rotae, vel axi in peritrochio, indicem gerenti. Hic vectis heterodromi formam fere habet vel certe functionem exercet. Breviori brachio nectitur substantia hygroscopica, longius autem indicis munus obit atque moveri potest juxta scalam circularem appositam.

Quod de omni indice, hoc etiam de vectiario valet. Pro materiae scil. natura modificatur. Sic antiquiores, quum saepe substantiam duram et rigidam adhiberent, insigni rotarum dentatarum, quin pancratiorum apparatu uti solebant. In materia autem molli et flexili, qualis fere nostris hygrometris inservit, praeter ipsum apparatum indicantem, requiritur etiam libramentum, quod ipsam substantiam tensam retineat. *De Luc* hunc in finem elaterium omnibus aliis praeferebat, exiguum pondus *de Saussure*. Hoc ipsum libramentum in nonnullis obsoletis apparatibus ferendo indici adhibebatur, ita ut immediate materiae dilatatio in scala lineari notaretur. Ad eandem autem simplicitatem, licet forma nostrae physicae consentanea, recentissime te-

tetendit *Babinet*. Hic enim adfixit filum hygroscopicum frustulo cupreo, per cochleam micrometricam mobili. Libere filo appendebatur ponduseulum, quo tensum servaretur. In hoc autem signum lineare (*trait de revère*) erat insculptum, quod ad microscopium immobile, filo transverso munitum, dirigebatur. Quodsi jam, mutata fili longitudine, simul illud signum extra microscopii filum egrederetur, per micrometrum ad idem punctum reducebatur. Hic ergo scala, micrometrica divisione innixa, fili longitudinem immediate metitur. Determinatur enim materiae elongatio per revolutionem micrometri. Ut autem ipsius fili hygroscopici error evitetur, tria appendit separata eidem frusto cupreo et quodvis ponduseulum ad microscopii filum adducit (1).

§. 34.

De punctis fixis.

Jam ergo vidimus, quomodo index juxta scalam moveatur, quae plerumque circularis est, nonnunquam linearis, in unico casu micrometrica. Ut vero earum gradus inter se comparari possint, unitas statui debet, non nisi per puncta fixa obtinenda.

De Luc, in eburneo suo hygrometro, unum modo tale adhibebat punctum, illud scil. quod attingebat hydrargyrum in aqua congelascente. Tum vero a mercurii dilatatione unitatem desumsit.

Postea autem et ipse et alii ab hac methodo recesserunt. Quum enim maximum humiditatis et siccitatis, naturali prorsus ratione, duo scalae extrema constituant, omnes eo tenderunt recentiores physici, ut haec puncta determinarent. De utroque tamen non parum dissentiunt. Quapropter videbimus singulatim:

1. quomodo minimum vaporis,
2. quomodo ejus maximum obtinere sibi visi sint.

De *absoluta siccitate* diversae omnino prolatae sunt sententiae. Alii illam in vacuo aut in aëre sicco, alii quaesivere per ignem; alii denique per substantias exsiccantes eam obtinere tentarunt. Scil. *Lambert* maximum siccitatis per antliam pneumaticam haberi, a priori posuit. Quum autem experimenta haec non confirmarent, idem punctum per observationes meteorologicas determinare studuit.

Eodem fere tempore, multi vim ignis exsiccantem sufficere putabant, ut vel omnis in vapores abiret aqua materiae hygroscopicae, vel vapores ita in aëre dissolverentur, ut in hygrometrum amplius agere non possent. Huc pertinent viri doctiss. *Capineau*, *Chiminello* (1783), *Smeaton*, *da St. Martino*, *Kater* (1817) aliique.

Recentiores tandem exsiccantia chemica, de quibus antea diximus (§. 7.), in usum vo-

(1) Ann. de Chim. et Phys. 26. 367.

vocant. *De Saussure* instrumentum suum cum lamina ferrea, subcarbonate potassae fuso tincta, in campana secludebat, *De Luc* in apparatu, calcem bene candefactam continenti. Recentiores autem, prouti *Gay-Lussac*, acidum sulphuricum adhibere solent, aut chloruretum calcis.

De puncto *humiditatis extremae* duplex modo sententia proposita est. Alii enim, materiam metientem considerantes, maximum humiditatis obtentum iri pronuntiabant, siquidem ea madesceret vel submersione in aquam, vel humectatione. . Ab hac parte stetere *Chiminello*, *Wilson*, *Kater*, inprimis vero *De Luc.* Alii autem ad materiam metiendam respicientes, maximum humiditatis in evaporationis maximo collocabant. Campanam ergo, supra aquam inversam, intus humectabant, ita ut parietes madescerent. In illa autem jam per aliquod tempus consistit hygrometrum, donec fixum maneat. Primus hanc opinionem proposuit *Lambert*. Eandem ulterius elaboravit ac strenue defendit *de Saussure*, quem hac in causa secutus est *da St. Martino* et omnes fere recentiores.

§. 35.

Experimenta ad rationem inter scalam naturalem et artificialem determinanda.

Ex tractata diversorum hygrometrorum expositione patuit, quomodo instrumentum constitui potuerit, ratione constanti et comparabili aëris conditionem referens. Hoc igitur pro humiditate idem praestat, quod pro calore thermometrum. Prouti vero hoc instrumentum nihil de causa calorici docet, ita humiditatis naturam per hygrometri observationem nequaquam cognitam habemus; Mensura enim adest, cujus unitas latet.

Solebant antiquiores physici, hoc successu contenti, ulteriorem causae indagationem prorsus mittere. Postquam vero ipsa humiditatis causa investigari coepit, huc referre hygrometri indicationem voluerunt, ideoque hoc instrumento ipsam vaporis quantitatem, aëre contentam, determinare. Quae causa si bene cedat, perfectionis gradum attigerit hygrometrum, quo nunquam fortasse perveniet thermometrum. Erit ergo operae pretium, omnia succincte exponere experimenta, hunc in finem instituta.

§. 36.

De experimentis Cl. Lambert.

Postquam de evaporatione multa instituerat experimenta, cel. *Lambert* sibi proposuit, ut hanc cum humiditatis gradu compararet, quo melius ejus leges paterent.

Hy-

Hygrometrum ergo, quale descripsimus (§. 27 et 32), sibi comparavit ex chorda intestinali contorta, cujus leges, a priori exploratas, dein experimentis confirmaverat, non tamen determinatâ instrumenti scalâ. Deinceps collocavit talem machinam in campana clausa, cujus aërem humidum reddebat per evaporationem aquae, eodem introductae, dum gradum humiditatis per quantitatem hujus aquae evaporatae determinabat. Sic ergo quasdam humiditatis leges detexit. Quum vero hygrometri mutationem, sive versus humiditatem sive versus siccitatem, tanquam functionem temporis consideraret, per quod duraverat evaporatio, nostro scopo nec multa instituit experimenta, nec accurata. Quae tamen apud eum inveni, ita proferam, ut fini hujus disputationis respondeant.

Duplicem ergo aggressus est experimentorum seriem, ut compararet evaporatae aquae quantitatem cum hygrometri ac temporis progressione. Implevit tubum thermometri cum aqua, eumque collocavit una cum hygrometro, cujus chorda o, 383 lin. in diametro tenebat et 33, 5 lin. longa erat, in vase vitreo capacitatis 39 pollicum cubicorum.

Cum vero tubus in lineas esset divisus, observabat singulis diebus matutino tempore hygrometri atque evaporationis progressionem. Sequentia autem experimenta quae nostrum argumentum spectant, ex copiosa serie desumta, hic proponam.

I. EXPERIMENTUM.			II. EXPERIMENTUM.		
Lin.	Grad.	Differ.	Lin.	Grad.	Differ.
0	0		0	0	
1	234	234	2	53	+ 53
2	374	140	2, 5	72	+ 19
2, 6	410	36	4	81	+ 9
3	474	64	4, 5	83	+ 2
4	498	24	5, 75	82	− 1
4, 5	502	4	6	96	+ 14
5	572	70	6, 25	93	− 3
6	593	21	7	87	− 6
			7, 25	78	− 9
			7, 75	86	+ 8
			8, 25	87	+ 1

Pri-

Prima series lineas aquae evaporatae ex tubo thermometrico, altera gradus hygrometri, tertia denique horum differentias, i. e. humiditatis progressionem indicat (1). In altero experimento interna tubi diameter erat $1\frac{1}{3}$ lin., in altero 3.

Quaecunque autem ex suis experimentis duxit, ut vaporis quantitatem compararet cum hygrometri gradu, huc redeunt:

1. Pro utroque experimento curvam delineavit (Tab. III), in qua axis abscissarum in 6 partes aequales dividit, indicantes illas sex evaporationis lineas. Ordinatae, juxta mensuram quandam sumtae, gradus, ab indice hygrometri percursos, denotant; quae curva quum concava sit ad abscissarum axin, patet, retardescere hygrometri progressum, licet augeatur etiamnunc eadem ratione humiditas. Quum vero areae, quae evaporantur in duobus illis tubis essent ad se invicem $= 7:1$, sequitur ordinatas utriusque curvae fere eandem hanc servare debere proportionem, quod tamen experientiae non bene respondet. Verosimile autem est, in primo experimento plus aquae adhaesisse vitro, quum secundo diutius duraverit. Praeterea, ob inertiam hygrometri ad parvas aquae quantitates, posteriori experimento major quam priori fides est tribuenda.

2. Determinavit aquae quantitatem aëre contentam ex quavis linea evaporata. Cognitis scil. vasorum capacitatibus et aëris ac aquae pondere invenit:

1. unam lineam augere pondus pedis cubici aëris per $57\frac{1}{3}$ gr.
2. sex ergo lineis evaporatis, i. e. aëre perquam humido, pondus per 342 gr. augeri, ideoque hunc aërem esse ad siccum $= 20:13$.
3. in hygrometro ita confecto, ut ejus index ab extrema siccitate ad maximum humiditatis totam circuli peripheriam percurrat, singulos gradus respondere $\frac{8}{9}$ gr. aquae.

§. 37.

De fundamento experimentorum cel. de Saussure.

Prouti *Lambert* evaporationis examine tenebatur, quum hygrometri incessum cum vaporis quantitate compararet, ita initio *Saussurii* erat propositum, ut imperfectis adhuc hygrometris novum substitueret, quod sensilitate sua, constantia ac comparabilitate prae omnibus reliquis se commendaret. Quum vero hujus instrumenti naturam interius exploraret, caloris aliarumque causarum in illud observabat actionem, quibus demum examinatis eo pervenit, ut hygrometriae exstrueret aedificium.

Ex variis ergo experimentis concludit, hygrometri gradum dependere a vario calore, vaporis quantitate et densitate aëris. Hinc autem sequebatur, has quatuor res es-

(1) *Lamberts* Hygrometrie §. 53 et 59.

esse functiones, quarum tribus cognitis quarta inveniri posset. Ideoque problema sibi proposuit: *pro quolibet hygrometri, thermometri et barometri gradu aquae in data aëris portione invenire quantitatem.* Hoc autem solutum erit, si experimentis innotescat hygrometri gradus:

1. pro variis vaporis quantitatibus, ubi temperatura ac densitas aëris sunt constantes.

2. pro variis caloris gradibus, si temperatura ac vaporis quantitas eaedem manent.

3. pro variis aëris densitatibus, dum vaporis quantitas et calor non mutantur.

Erit ergo nobis exponendum, quibusnam experimentis singulas has quaestiones diluerit (1).

§. 38.

De ratione inter hygrometri gradus et vaporis quantitatem, juxta experimenta Cl. de Saussure.

Ut primam quaestionem dirimeret, indagare coepit: quaenam aquae quantitas ad aëris determinatam quantitatem saturandam requireretur, dein vero hanc quantitatem in partes quasdam dividit, quibus evaporatis hygrometri statum observabat.

Globum satis magnae capacitatis, scil. $4\frac{1}{2}$ fere pedum cubicorum, operculo clausit, in quo varia foramina ita erant adaptata, ut facile et cito per ea possent objecta introduci. In ipso erant duo thermometra et duo hygrometra ex capillis confecta, perquam accurata. Addidit autem manometrum, quod vaporis indicaret elasticitatem ac saturationis momentum. Hoc enim tum adesse existimabat, quum aëris elasticitas maximum suum attigerat, etiamsi evaporatio pergeret. Cum hoc ergo apparatu duplicem instituit experimentorum seriem.

Primo quidem, ope salis exsiccantis, partem vaporis ex aëre exhauriebat et hygrometri observabat mutationem. Salis incremento per bilancem explorato, cognitum habebat effectum, quem in hygrometrum produceret haec aquae quantitas. Nova dein salis recentis portione determinavit iterum quantitatem vaporis absorptam ejusque in hygrometrum effectum. Hinc ergo, cognita globi capacitate, effecit, quaenam vaporis quantitas ex pede cubico fuisset desumta, cujus in hygrometrum actionem hac ratione exploratam tenebat.

Dein vero hoc idem et inversa ratione determinavit, panno scil. madido in globum jam siccum inducto, qui postquam aliquamdiu ibi moratus erat, exploravit, quan-

(1) Essai sur l'hygrométrie, Neufchatel 1778.

quantum ponderis aqua perdidisset. Hanc ergo vaporis quantitatem cum mutatione hygrometri comparavit. Tria hujus generis experimenta instituit. Sequenti tabula ea proponuntur:

Gradus Hygrometri.	Pondus vaporis contentum in pede cubico aëris temperaturâ.		Ratio inter hos numeros.
	15, 16*R*.	6, 18*R*.	
10	0, 4592	0, 2545	0, 554
20	1, 0926	0, 6349	0, 581
30	1, 7940	1, 0833	0, 604
40	2, 5634	1, 5317	0, 597
50	3, 4852	2, 0947	0, 601
60	4, 6534	2, 7159	0, 583
70	6, 3651	3, 3731	0, 530
80	8, 0450	4, 0735	0, 506
90	9, 7250	4, 9198	0, 506
98	11, 0690	5, 6549	0, 511

Ex his experimentis derivavit:

1. actionem unius grani aquae pro diverso hygrometri gradu, diviso scil. effectu numeri granorum observati per ipsum hunc numerum.

2. quantitatem aquae contentae in pede cubico aëris, temperatura = 15°, 16 et = 6°, 18 pro hygrometri gradibus a. 10° — 100° per intervalla 10°.

3. vaporis elasticitatem = 5, 79411 esse ad 15°, 16*R*.

4. aërem saturatum continere

4°, 75*R* . . . . . 5", 4605
6°, 18*R* 5, 6549
15°, 16*R* 11, 069

5. rationem inter vaporis quantitatem in spatio saturato ad temperaturam 15°, 16, eamque ad 6°, 18*R* pro diversis hygrometri gradibus, quae tabula supra exhibita continetur.

§. 39.

§. 39.

De caloris effectu in hygrometrum Cl. de Saussure.

Quum vidisset cel. auctor, calorem, praeter effectum pyrometricum, actione sua in vaporem minuere saturationis gradum, hanc immutationem determinare coepit. Ut enim diversas observationes inter se comparare posset, ad eandem temperaturam ea reducenda putabat, quem in finem tabulam correctionum, ut vocat, instrumento suo adaptatam, sequentibus experimentis fundavit.

In recipiente vitreo capacitatis quatuor pedum cubicorum unum vel duo thermometra suspendit cum uno vel duobus hygrometris. Apparatum ita clausit, ut vapor nec intrare neque exire posset, nec produci neque absorberi. Dein mutavit recipientis temperaturam et observavit instrumenta. Nullam admisit observationem nisi temperaturae augmentum eundem produxisset effectum, quem ejusdem graduum numeri imminutio. Tandem observavit caloris effectum diversis humiditatis gradibus.

Ipsa quidem experimenta non dedit, sed tabulam hac ratione confectam exhibuit, quae indicaret effectum, quem pro singulis hygrometri gradibus unus gradus *R.* in instrumentum producit.

Gradus Hygrom.	Differentia pro 1° Caloris.	Gradus Hygrom.	Differentia pro 1° Caloris.	Gradus Hygrom.	Differentia pro 1° Caloris.
25°	0,450	50°	1,283	75°	2,145
26	0,483	51	1,316	76	2,196
27	0,517	52	1,350	77	2,251
28	0,550	53	1,383	78	2,311
29	0.583	54	1,416	79	2,374
30	0,616	55	1,450	80	2,441
31	0,650	56	1,483	81	2,494
32	0,683	57	1,516	82	2,545
33	0,716	58	1,550	83	2,594
34	0,750	59	1,583	84	2,642
35	0,783	60	1,616	85	2,689
36	0,816	61	1,650	86	2,734
37	0.850	62	1,683	87	2,777
38	0,883	63	1,716	88	2,819
39	0,916	64	1,750	89	2,860
40	0.950	65	1,783	90	2,899
41	0,983	66	1,815	91	2,937
42	1,016	67	1,850	92	2,973
43	1,050	68	1,883	93	3,008
44	1,083	69	1,916	94	3,042
45	1,116	70	1,950	95	3,074
46	1,150	71	1,983	96	2,427
47	1,183	72	2,016	97	1,780
48	1,216	73	2,054	98	1,552
49	1,250	74	2,098	99	1,324
50	1,283	75	2,145	100	1,096

Hujus ergo termini proprie sunt differentiae inter effectum hygrometricum et pyrometricum. Affirmat autem *de Saussure*, non interesse, utrum temperatura sit elevatior, an vero magis depressa, i. e. unum gradum *R.* eundem producere effectum ad qualemcunque accederet temperaturam. Hanc vero tabulam ita dein invertit, ut pro singulis hygrometri gradibus quantitatem calorici determinaret, necessariam, ut hygrometrum unum gradum variaret, nec non distantiam a saturationis termino, i. e. quantitatem calorici, qua missa praecipitaretur vapor. Addendum autem est, non inservire tabulam nisi pro capillo, eadem ratione elixo i. e. cujus elongatio est = 0,0245, suae longitudinis a 0 — 100°.

§. 40.

De aëris densitate, juxta de Saussure *in hygrometrum agente.*

Postquam aggressus erat examinare actionem aëris evacuati in hygrometrum, per valvulam, mercurii ope claudendam, prohibuit, quominus vapor, in antliae corpore formatus, ad campanam penetraret. Hujus campanae aërem proxime duxit ad maximum saturationis, ita tamen ut nulla esset humiditas superflua, ac lutum ei applicavit ex cera bene sicca paratum. Per intervalla dein partes aëris exhausit aequales, cujus rei certior reddebatur per manometrum. Perrexit ita in hac operatione, donec hygrometrum statum constantem indicaret.

Hac igitur ratione experimenta sua instituit, aërem primum per quartas, dein per octavas partes exhauriens. Utriusque operationis duo exstant experimenta, quorum illud ipsum, quod auctor reliquis praefert, quum, eo durante, in laboratorio non mutaretur thermometrum, hic exempli loco adducemus.

Numerus operationum.	Altitudo Barometri. poll.	lin.	Exsiccatio.
1	3	4,5	4°,75
2	6	9	4,98
3	10	1,5	5,70
4	13	6	6,65
5	16	10,5	7,37
6	20	3	9,50
7	23	7,5	11,16
8	26	9,5	17,69

In qua tabula prima series indicat numerum exhaustionum per octavas partes, altera altitudinem barometri in ipsa campana, tertia hujus depletionis effectum in hygrometrum post singulas operationes. Ita, ut exemplo res pateat, quod initio notaverat 97° 37, hygrometrum post primam operationem non nisi 92° 62 notabat, et sic porro, donec tandem, finito experimento, consisteret ad 29°, 57.

Similia experimenta instituit in vacuo Torricelliano, viditque constanter, hygrometrum in aëre rarefacto tendere ad siccitatem, in condensato ad humiditatem.

Quoad conclusiones, quas ex his experimentis ducit ill. auctor, huc fere redeunt. Siquidem aëris effectus nullus esset, cum ipsa rarefactione pari passu progrediendum fuisset Hygrometro versus siccitatem, ita quidem ut vacuum absolutum responderet siccitati absolutae. Experimenta autem instituta docuere, exsiccationis effectum rarefactioni longe cedere, ita ut sub aëre rarissimo, omnibus licet cautelis institutis, semper tamen 25° indicaret hygrometrum.

Explicat hoc phaenomenon ex attractionis legibus. Scil. aequilibrium hygrometricum ex ejus sententia existit inter capilli atque aëris affinitatem in vaporem; quodsi vero aër rarescit, affinitatem minorem exercebit in vaporem, quum attractio sit in ratione massae. Hinc igitur affinitas hygroscopica capilli, ob minorem resistentiam, majori vi agit, ideoque hygrometrum altiorem occupabit gradum, quam quidem postulet vaporis quantitas.

Quod autem attinet ad continuum exsiccationis incrementum cum ipsa campanae evacuatione, ita ut sexta operatio effectum duplo majorem quam prima producat, sequentem hujus rei rationem exhibet. Singulis operationibus eadem vaporis quantitas exhauritur, haec autem in prima octavam omnis vaporis partem, in altera septimam superstitis, in tertia sextam et sic porro, efficit. Ergo partes aliquotae vaporis continue majores exhauriuntur, unde sequitur, exsiccationem, ex causa allata primum rarefactione minorem, magis magisque pro singulis intervallis increscere.

Ut vero legem hinc ducat, qua capillus movetur pro aequalibus his vaporis deperditionibus, exhibet regulam, quam sequenti formula generali exponere tentavimus.

Si hygrometrum n gradus notet et per m^{as} partes exhauriatur aër, erunt gradus, post quamvis campanae depletionem superstites:

$$n_{,}, n_{,,}, n_{,,,}, \ldots\ldots n_{p}$$

$$n_{,} = \frac{ma - 1}{ma} n$$

$$n_{,,} = \frac{(ma - 1)(\overline{m - 1} \cdot a - 1)}{m(m - 1)\, a^2} n$$

$$n_{,,,} = \frac{(ma - 1)(\overline{m - 1} \cdot a - 1)(\overline{m - 2} \cdot a - 1)}{m\,(m - 1)(m - 2)\, a^3} n$$

$$n_{p} = \frac{(ma - 1)(\overline{m - 1} \cdot a - 1)(\overline{m - 2} \cdot a - 1) \ldots\ldots (\overline{m - p + 1} \cdot a - 1)}{m(m - 1)(m - 2) \ldots\ldots (m - p + 1)\, a^p} n$$

Exsiccationes autem, his depletionibus respondentes, erant:

$$\frac{n}{ma}, \frac{n_{,}}{(m-1)a}, \frac{n_{,,}}{(m-2)a} \cdots \frac{n_{p}}{(m-p)a}$$

Ubi a terminus constans est, per primam exhaustionem determinandus, ope formulae:

$$a = \frac{n}{m(n - n_{,})}$$

ex prima aequatione derivatae. In experimento allato Saussurii erat $a = 2, 56$.

§. 41.

De tabulis hygrometricis, a Cl. de Saussure *propositis.*

Postquam igitur experimentis suis has quaestiones dirimere tentaverat, propositum quoddam retulit, quo ex combinatis hujus generis experimentis possent tabulae generales construi, indicantes illae continuo aëris quantitatem ex observato hygrometri, thermometri et barometri gradu; sua autem experimenta huic fini non sufficere ingenue fassus est. Ex ejus mente pro singulis barometri gradibus tabula sit construenda, duplici, ut vocant, introitu, quae varias vaporis quantitates pro omni daret hygrometri et thermometri statu. In globum igitur magnum, aëre perfecte sicco repletum, in quo thermometrum et hygrometrum erant collocata, inducere jubet parvam aquae quantitatem v. c. $\frac{1}{2}$ gr.; dein vero temperaturam elevare a minimo gradu ad maximum et varios notare hygrometri gradus a $-15°$ v. c. ad $+35°$ *R.* Tum alterum inducere granum aquae ac eandem experimentorum seriem repetere. Sic ergo procedi jubet, donec omnis aqua inducta sit, quae hygrometrum ad $35°$ *R* saturet. Hujusmodi tabulae ut exemplum offerret physicis, adhibuit experimenta, quae memoravimus. Ejus tamen ulteriorem analysin hic omittendam putamus, quum ipse auctor merito imperfecti tentaminis nomine illud appellet.

§. 42.

De experimentis Cl. De Luc, *generatim consideratis.*

Indefesso rerum hygrometricarum studio latus ac animosus Cl. *de Saussure* adversarius, *de Luc* suo instrumento eandem, quam ille, perfectionem tribuere tentavit. Postquam ergo per multos annos in vaporum natura ac hygrometri sui indole indaganda summopere elaboraverat, tandem experimentorum seriem suscepit, quae evaporationis et caloris in illud actionem illustraret. Ex his igitur ratiocinii ac calculi ope problema nostrum solvere conatus est.

Uti

Uti vero *de Saussure* chemicam vaporis in aëre solutionem admittebat, ita strenue eandem negabat *de Luc*, et aliis innisus experimentis et iis inprimis, quibus demonstraverat, hygrometri indicationem, caeteris paribus, in aëre et in vacuo prorsus esse eandem (1). Hinc factum, ut gradus hygrometricos caloris modo et vaporis quantitatis haberet functionem et sic, inversa ratione, ex hygrometri et thermometri indicatione vaporis derivaret quantitatem, neglecto plane barometro.

Erunt jam, ex diffusis hujus physici descriptionibus ac computo,

1. ea eruenda experimenta, quibus systema suum atmometricum superstruxit et
2. quibus ea adornavit, deductiones contrahendae (2).

§. 43.

Expositio experimentorum Cl. De Luc.

In vas vitreum satis amplum thermometrum immisit suumque hygrometrum una cum aqua evaporanda, globulis vitreis inclusa. Aërem per calcem, incandescentiam passam, omni vapore privavit ac apparatum ita clausit, ut per operculum bacillus penetraret, extus dirigendus in globulos aqua repletos. Insigni autem cura apparatum ita confecerat, ut nullus aër aut vapor per operculum penetrare posset.

Accurata ponderatione quantitatem aquae, in eos globos immittendae, ita determinavit, ut pro singulo pede cubico vas 1 gr. angl. contineret. Horum igitur 7 in vase disposuit, quos singulatim per bacillum diffringeret, dum ipsam aquam per machinulam suctoriam, bacillo adjectam, ex globulo eliceret, ac sic promoveret evaporationem.

Determinatis igitur aquae portionibus, in vapores actis, observavit hygrometri gradum, primum quidem pro constanti, dein vero pro aequali temperaturae incremento aut decremento.

Mira assiduitate ac indefatigata cura omnem annisus est eliminare errorum fontem. Repetitis vicibus experimenta instituit, neque exiguam impendit operam, ut constans esset vasis temperatura, ac ne quid vaporis ad parietes praecipitaretur. Terminos autem medios ex duplici experimentorum serie, quae fundamenta omnis ulterioris elaborationis jecere, sequenti tabula proponere possumus:

(1) Philos. Transact. A. 1792.

(2) Cff. et alia hujus Physici opera, supra citata, et imprimis: Introd. à la Phys. terrestre Tom. II.

Aquae Grana.	Thermometri Gradus et Hygrometri.		
	50°F.	55°F.	60°F.
1	15, 2	14, 5	13, 9
2	29, 9	28, 3	27, 0
3	51, 6	47, 2	43, 2
4	74, 9	64, 1	55, 8
5	89, 8	78, 6	68, 3
6		93, 9	82, 1
7			95, 6

Refert haec tabula diversos hygrometri gradus, qui respondent temperaturae atque vaporis quantitati adjectis.

§. 44.

De tabulis Cl. De Luc, *ex his experimentis derivatis.*

Quod ad ea, quae ex his experimentis deduxit auctor, triplicem inprimis finem spectant:

1. ut, temperatura quadam constanti, pro omni hygrometri gradu detegeret vaporis quantitatem,

2. ut pro singulis hygrometri gradibus effectum calorici inveniret,

3. denique, ut ex utriusque tabulae combinatione pro omni hygrometri et thermometri indicatione efficeret vaporis in aëre quantitatem.

Quoad primum. Interpolatione sequentis seriei pro temperatura 55°F.

Grad. Hygr.	Grana.
14, 5	1
28, 3	2
47, 2	3
64, 1	4
78, 6	5
93, 9	6

ef-

effecit tabulam, quae pro singulis hygrometri gradibus, a 0 — 100°, hac temperatura, exhibet aquae quantitates, pede cub. angl. contentas. Ad interpolationem autem haud adhibuit mathematicam quandam formulam, quam artificiosius experimenta ad generales leges cogere censebat, verum empiricam quandam computationem, quae optime singula intervalla replere valebat.

Quoad secundum. Ut caloris effectum computaret, assumsit eandem positionem, quam *de Saussure* experimentis suis confirmatam ait: quod scil. eodem humiditatis gradu, unus caloris gradus semper eundem effectum producit, qualescunque fuerint conditiones, quae hunc gradum determinarent. Caeterum ex caloris effectu sponte fluit, diversas aquae quantitates eundem indicare gradum hygrometri posse, si modo compenset imminutio caloris minorem aquae quantitatem.

Jam vero experimenta sua sequenti ordine proposuit:

Grad. Hygr.	Differentiae temperaturae. observ.	Differentiae temperaturae. comput.
13,9		
	5	
14,5		
	5	
15,2		
		65,6
27,0		
	5	
28,3		
	5	
29,9		
		30,0
43,2		
	5	
47,2		
	5	
51,6		
		4,2
55,8		
	5	
64,1		
	5	
74,9		
		1,7
68,3		
	5	
73,6		
	5	
89,8.		

ubi

ubi prima series gradus hygrometri juxta experimenta allata indicat, altera decrementa temperaturae, quae ex iisdem experimentis adduxerant illa humiditatis incrementa; tertia decrementa temperaturae, quae ex probabili calculo his adjecta incrementa humiditatis producerent. Scil. differentias graduum hygrometri, quas observatio docuerat a combinato aucti vaporis et caloris effectu productas esse, considerat tanquam imminuti caloris sequelas et numeris exhibitis computatione implet. Jam vero per interpolationem hinc seriem efficit, quae pro singulis hygrometri gradibus a 100 — 15° effectum indicet primi gradus Fahr., temperaturae aut additi aut detracti.

Quoad tertium. Ut autem jungeret utramque tabulam, sequenti ratione processit. Ope tabulae posterioris seriem convergentem construxit graduum, per quos hygrometrum effectu caloris, per unum gradum continue aucti, sensim a 100 — 15° descenderet. Effecit ergo seriem, ex 157 terminis constantem, quibus singulis ex tabula priori apposuit vaporis quantitates pro temperatura 55°.

Hujus ergo tabulae ope sequentia problemata solvere poterat:

1. Ex statu hygrometri et thermometri efficere vaporis aquei quantitatem in pede cub. aëris.

2. Pro omni utriusque instrumenti statu, caloris imminutionem invenire, quae requiritur, ut ad maximum densitatis perveniat vapor.

3. Determinare, quaenam aquae quantitas maximum vaporis producat ad temperaturam 55° aut minorem.

§. 45.

De experimentis Cl. Dulong.

Jam vero laetior campus arridet, quo recentiorum experimenta exponenda veniunt, qui, de vaporis natura longe certiores, multo simpliciorem tutioremque viam, quam praecedentes physici, ingredi potuerunt.

Etenim hi quidem, ratione primae nostrae methodo analoga, postquam vaporem per exsiccantia exhauserant, immediate per ponderationem determinarant aquae quantitatem, quam erant evaporaturi; illi vero densitatem aut elasticitatem observabant, ex quibus dein per calculum quantitatem vaporis derivare poterant.

Huc pertinent experimenta Cl. *Dulong*, qui constituerat, vaporis densitatem cum gradibus hygrometri aeque Clarissimi *Deluc* ac *de Saussure* comparare. Sed utilissimum opus non perfecit, deterritus auctoritate Cel. *Gay-Lussac*, qui eodem fere tempore idem susciperet cum hygrometro capillari.

Sic ergo de ratione, qua experimenta sua suscepit, nihil constat; ex illis vero, quae jam instituerat, sequentia refert *Biot* (1): . . . . .

(1) Traité de Phys. [redacted] . . . .

Densitates vaporis 13°,9.	Hygrometrum de Luc.	Hygrometrum de Saussure.
0,0997	12°,2	28°
0,1980	18,0	44
0,2976	22,5	55
0,4874	31,8	75
0,5912	37,5	84
0,6844	45,5	91
0,7797	54,0	92
0,8774	58,0	97,5
0,9762	70,0	102

§. 46.

De experimentis Cl. Gay-Lussac *et formulis a Cl.* Biot *hinc ductis.*

Tandem ad ea pervenimus experimenta, quae summam in tota ré hygrometrica nacta sunt et celebritatem, et auctoritatem. Alcalia et varia salia, aqua soluta, vaporis, hinc exsurgentis, minuere elasticitatem, notissima est observatio. Hanc autem problemati hygrometrico applicavit ingeniosissimus *Gay-Lussac.* Capillare enim hygrometrum ad operculum suspendit in vase vitreo satis magno, primum aqua pre parte repleto, dein dissolutione salina, cujus tensionem, data temperatura, barometro exploratam habebat. Hermetice clausum apparatum sibi reliquit. Tum vero hygrometri gradum cognitae huic vaporis elasticitati respondentem observabat. Tali ergo apparatu sequentia experimenta instituit:

Natura solutionum.	Densitates solutionum ad 16°C.	Tensiones solutionum ad 10°C, aquae tensione = 100.	Gradus hygr. capillaris pro his tensionibus.
Aqua.	1000	100,0	100,0
Hydrochloras sodae.	1096	90,6	97,7
Idem.	1163	82,5	92,2
Idem.	1205	75,9	87,4
Hydrochloras calcis.	1274	66,0	82,0
Idem.	1343	50,5	71,0
Idem.	1397	37,6	61,3
Acidum sulphuricum.	1493	18,1	33,1
Idem.	1541	12,2	25,3
Idem.	1702	2,4	6,1
Idem.	1848	0,0	0,0

Haec autem experimenta ad formulam quandam generalem reducere, quae pro omni hygrometri gradu vaporis daret elasticitatem, sequenti ratione conatus est Cel. *Biot.* Quum curvam, ex experimentis graphice descriptam, per hyperbolam proponere posset, sequentem formulam ex analytica deductione confecit:

$$y = 1 - x + y' . \sqrt{2}$$

in qua y gradum hygrometri, x tensionem vaporis indicat, cujus unitatem posuit tensionem ad 10° C; y' autem sequentibus aequationibus declaratur:

$$y' = \frac{sc + b - \sqrt{[(s + b)^2 + (s^2 - a)(c - 1)]}}{c - 1}$$

$$s = (x - 0{,}3815)\sqrt{2}$$

$$\left.\begin{array}{l} a = 0{,}0000605 \\ b = 1{,}149538 \\ c = 4{,}086830 \end{array}\right\}$$ qui constantes ex observationibus 8, 9, et 11 determinantur.

Tabulas autem hujus formulae ope computavit, non solum quae pro omni hygrometri gradu vaporis tensionem indicent, sed etiam quae hoc problema inversum solvant.

§. 47.

§. 47.

De experimentis Clar. Melloni (1).

Hoc ipso anno (1829) Physicus Italus, nomine *Melloni*, aliam methodum ingressus est, ut similem seriem tensionum vaporis et graduum Hygrometri capillaris obtineret. Hygrometrum scil., capsula, quantum poterat exigua, ita inclusum, ut trans vitrum gradus observari possent, per cochleam junxit cum superiore manometri parte, ea ratione ut, epistomii ope, communicatio inter utrumque fieri posset. Manometrum ex tubo angustiore inferiore et ampliore superiore, hermetice junctis, constabat; poterat autem per stylum, ipsi adfixum, ope rotae dentatae vel altius in hydrargyrum deprimi, vel ex eodem elevari, quo fiebat, ut spatium superius vacuum pro lubitu incresceret vel imminueretur.

Jam vero per antliam pneumaticam aërem ex capsula hygrometri exhauriebat, ejusque loco aquam in eadem evaporandam curabat. Dein per cochleam jungebat capsulam et manometrum ac per epistomium communicationem inter illa efficiebat, unde per utrumque spatium diffundebatur vapor. Sic igitur depressio hydrargyri, ratione barometri appositi, vaporis tensionem declarabat, quae cum hygrometri indicatione comparabatur.

Elevato autem manometro, volumen vaporis increscebat, tensio ergo decrescebat et hygrometrum versus siccum tendebat. Contra, minuto vaporis volumine, per depressum manometrum in ipsum hydrargyrum, tensio augebatur, ideoque humiditatis gradus petebat hygrometrum. Sic ergo facili encheiresi totam hygrometri scalam percurrebat, quavis observatione simul exhibente hygrometri gradum ipsamque vaporis tensionem, dum repetitis vicibus ad eandem tensionem redeundo jam factas confirmaret observationes.

Observatis ergo quam plurimis cautelis, ut et hygrometrum omni parte esset perfectum, et manometrum aëre prorsus vacuum (2), adhibitoque thermometro, quo va-

(1) Quae hac § exponuntur experimenta, ipsa quidem nostra commentatione sunt recentiora. Prodierunt vero, antequam haec typis mandaretur. Ea ergo ut hic insererem, benevole mihi concessit nob. Math. et Phil. Nat. in Acad. Leydensi ordo.

(2) Hygrometrum confecerat perfecte ad dimensiones, quas praescribit *de Saussure*, mutarat tantum quodammodo rationem affigendi capillum. Manometri vacuum ita perfectum constituerat, ut idem illius esset et barometri libellum. Antliae pneumaticae ope capsulam vapore saturavit, ita ut neque aqua, neque aër superstites essent. Per tubulum capillarem inter capsulam et manometrum communicationem effecit, quae ceterum per hydrargyrum aëri reclusa erat. Hinc differentia barometrica post communicationem institutam non attingebat $\frac{1}{8}$ *mm.* Ceterum quaevis observatio 5—6′ durabat, ni-

vaporis temperatura pateret, tandem ad sequentem seriem pervenit, deductam illam ex triplici experimentorum serie, ter mutato hygrometri capillo:

Grad. hygr.	Tensio vap.	Grad. hygr.	Tensio vap.
100	100,00	45	29,84
95	90,76	40	25,99
90	83,11	35	23,76
85	76,50	30	18,97
80	68,86	25	16,37
75	62,00	20	11,74
70	55,58	15	8,53
65	49,63	10	5,02
60	44,00	5	2,56 (1)
55	39,10	0	0,00
50	34,62		

Concludit auctor, hyperbolam, quae ex his experimentis graphice describitur, minus esse incurvatam, quam quae ex praecedentibus, ideoque scalam hanc artificialem naturali propius quam illam accedere. Adscribit hoc temperaturae elevatiori; cujus generalem effectum ut experimentis in luce poneret, sibi proxime in mente esse affirmat (2).

nisi vapor tenuissimus esset; magna enim siccitate 10—12' requirebantur. Tandem si a gradu quodam ad maximum humiditatis perduceret hygrometrum ac dein ad eundem illum gradum rediret, tensio eadem erat inter limites 0,1—0,2 *mm.* — Haec sufficiant, ut cura pateat, qua memorata experimenta facta fuere.

(1) Deducitur ex tensionibus pro 9° et 10°. Non enim ad majorem siccitatem quam 9° pervenit *Melloni.*

(2) Ann. de Chim. et de Phys. Tom. 43. pag. 39 sqq. vid. Tab. V.

PARS

PARS CRITICA.

§. 48.

Generale de methodi principio judicium.

Postquam ergo principia exposuimus ac postulata, quibus innititur methodus per volumen immutatum inveniendi vaporis in aëre quantitatem, postquam varias vidimus et machinas et experimenta, quibus practice in illa elaboratum est, jam ad ultimam partem erit accedendum, qua ex his praemissis conclusionem efficere conabimur.

Si autem quaeramus, quid in genere de hujus methodi principio statuendum sit? apparebit, illud praecedenti longe esse complicatius: non enim simplici absolvitur experimento, sed totam consulit doctrinam de vaporis natura. Possumus autem in ipsa duplicem distinguere partem, empiricam scilicet, vix ad determinatas leges reducendam, et rationalem, ex certis legibus a priori construendam. Haec vires physicas, illa organicas spectat. Methodus ergo duabus doctrinis sustinetur atque absolvitur: *Hygroscopia* materiem ei adducit, quam judicat *Hygrologia*. Hygroscopiam dico: haec autem, insignem secum vehens instrumentorum apparatum, Physicum plane confundit, quum ex suae doctrinae fontibus vix eorum rationem reddat, Physiologicae oriuntur quaestiones, quae incertitudine sua omnes fere Physici conclusiones opprimunt atque perturbant. Damnandus ergo est insignis ille materiarum hygroscopicarum numerus et ad paucarum quarundam reducendus, quae, si accurate innotuerint, observationis facilitate, inprimis in usum meteorologicum, egregie se commendare possunt.

Jam igitur singulas partes tractatas denuo perlustrando, videamus, num et instrumentum, et tabulam invenire possimus, quae principiis, a nobis positis, satisfaciant. Judicium ergo ferre conabimur:

1. de materiebus hygroscopicis,
2. de earum indicibus,
3. de instrumentorum scalis,
4. de experimentis et tabulis hygrometricis.

§. 49.

Examen primae materiae hygroscopicae conditionis, Mobilitatis.

Hae instrumenti conditiones, quae inprimis in materia hygroscopica quaerendae sunt,

sunt, spectant ipsius effectum, indolem, et, quae in illam agit, causam. Sunt enim: *Mobilitas*, *Immutabilitas* et *Analogia* cum ipsa vaporis conditione. Initium fiat a Mobilitate.

Solebat haec materiae qualitas magni haberi, inprimis ab antiquioribus hygroscopiae auctoribus, quippe qui, neglecta causae consideratione, ad instrumenti sensilitatem fere unice advertebant. Si vero experientiam consulamus, quibusnam substantiis haec laus competat, multae sane ea carebunt. Generatim minus promptae sunt substantiae arte factae, prouti materies intortae. Sic de chordis intestinalibus affirmat ipse *Lambert*, aliquot eas requirere horas antequam aëris statum indicent. Idem de funibus valet: quae ratio est, quare *Leutman*, *Smeaton* aliique monent, alcali quoddam iis esse imbibendum. Porro tabulae ligneae hoc vitio laborant et, in genere, omnes materiae crassiores; quin et materies balaenata, quae optimis adnumerari solet, ipso affirmante *De Luc*, licet satis prompta, hoc tamen respectu prae ceteris non eminet.

Ab altera vero parte mobiles admodum deprehenduntur materies tenuiores vegetabiles, uti charta et avenarum partes; *Kater* hac proprietate Andropogon contortum adeo pollere affirmat, ut manus admotae humiditate statim 10° et ultra moveatur. Eadem qualitate excellunt partes membranaceae ex utroque regno organico desumtae. Nec minus competit ea laus filis naturalibus, ideoque et serico, atque omnium maxime capillo, ex quibus recentissima hygrometra fuere confecta. Notandum autem est, ex experimentis Cl. *de Saussure*, capilli mobilitatem inprimis a gradu elixationis pendere.

§. 50.

Examen secundae materiae hygroscopicae conditionis, Immutabilitatis.

Si attendimus ad ipsam substantiae naturam, altera hujus conditio, Immutabilitas, facile intelligitur. Talis enim esse debet, ut omnes ejusdem speciei substantiae, caeteris paribus, idem volumen pro eadem vaporis conditione ostendant. Huc autem conditiones et speciei, et individuo propriae concurrere debent:

1. Ut species sit immutabilis, i. e. ut non sua quodvis, sed generali ratione omnia ejusdem speciei individua procedant, interna materiae requiritur conditio: scil. ejus compositio, structura et s. p., bene sint determinatae. Hinc in praxi decebit, bene definiatur praeparatio, quod nisi ferat materiae natura, rejiciatur. Sic damnamus, quae fabricam pro variis causis modificatam ostendunt, qualia sunt ligna, ebur et cornu. Haec enim nunc densiora sunt, nunc compacta, nunc hujus structurae, nunc alius, non pro arbore vel animali tantum, unde fuere desumta, verum insuper pro parte vel exteriore, vel interiore, quae adhibetur. Hinc satis cito, post [illegible] mul-

multa tentamina, frustra instituta, ebur rejecit *De Luc.* Quoad materias arte factas, uti chordas, pro praeparatione diversa, toto coelo differunt. Possit autem methodus determinari, juxta quam torqueantur, ut inter se similes evadant. *Lambert* certe plura ex his confecit instrumenta, huic conditioni congrua.

Quoad reliquas materies, de multis quidem, hoc respectu, nihil affirmare auserim, cum plurimi physici, inprimis antiquiores, hoc examen neglexerint, verum, quoad balaenam, capillum et sericum, quae nostro tempore fere unice attentione digna habentur, haec omnia hac de causa laudanda sunt.

2. Ut individuum semper eandem indicationem ostendat, sub eodem vaporis statu, oportet, ne lapsu temporis per causas externas detrimentum capiat indicandi ratio, sensilitas, aliave materiae hygroscopicae conditio.

Et hoc quidem praecipuum est argumentum, quod omnis aevi physici contra omnem materiam organicam tanquam hygrometri basin attulere. Etenim hanc praebent animalium et plantarum organa, quae prouti formantur, sustinentur ac reproducuntur vita, ita ipso vitae fine, legibus anorganicis subdita, celerius tardiusve immutantur. Itaque materiae organicae structura nequaquam constans esse potest. Hinc quoque fit, ut, in usum hygroscopicum vocata, licet non in putredinem abeat, sensim tamen sensimque naturam mutet et, vel exsiccatione insensilis evadat, vel elongatione continua nimis extensilis. De communi hoc hygrometrorum nostrorum vitio, jam querentes offendimus *Leupold* et *Smeaton.* Eandem incusationem repetierunt inter recentiores *Young*, *Biot*, *Fischer*, *Muncke.* Affirmare quidem licet, non omnes substantias aeque celeriter hoc vitium pati. Sic partes ligneae et membranaceae vix nisi recentes hygrometro conveniunt; etenim citissime exsiccantur, quippe quas ipsa Natura ab aëris arcuit attactu. Aliae contra materies perdiu vim suam conservant; chordam v. g. intestinalem non mutatam post 15 annos invenit *Lambert;* idem de balaena post 5, 10, quin 20 annos affirmat *De Luc;* et provocat *de Saussure* pro capillo suo ad ipsius functionem, ut aëris arceat injurias. Veruntamen idonei hujus rei judices nimis unanimo consensu culparunt hac in causa regnum organicum, quam ut hoc vitio absolvi possit.

§. 51.

Examen tertiae materiae hygroscopicae conditionis: Analogiae cum ipsa vaporis natura.

De hac proprietate inprimis recentiori tempore fuit disputatum. Postquam enim *de Saussure* capillum adhibuerat tanquam hygrometri basin, hunc retrogradationis accusavit *De Luc*, i. e. ejus vitii, ut, increscente humiditate, decresceret hygrometri gradus. Dein vero, substantiarum hygroscopicarum natura accuratius indagata,

non

non uni capillo hoc esse proprium, sed omni filo commune, contendit. Hoc igitur principio nisus, divisionem illam, quam jam verbo attigimus, omnium materiarum hygroscopicarum in duplicem filorum et segmentorum classem constituit, omne filum proscribens, omni segmento hoc respectu palmam tribuens. Existimat enim *De Luc* in lemniscis, ubi fibrae transverse decurrunt, in harum interstitiis collocari humorem, et ita fibras, a se invicem magis remotas, humiditatis incrementum indicare ad ejus maximum usque. Fila contra omnesque fibrarum fasciculos ex reticulis constare affirmat, in quae non una ratione agit humiditas. Primo enim auget ipsam fibrae longitudinem, dein vero, retis maculas occupans, eandem tumidam ideoque breviorem reddit. Est igitur filorum per humiditatem mutatio effectus combinatus ex duabus causis sibi contrariis diversasque leges sequentibus, unde fit, ut in primis scalae partibus insignes motus perficiant, qui tamen, altera causa agente, sensim sensimque imminuuntur, donec consistant fila tandemque contrahantur, antequam pervenit ad maximum suum humiditas. Hanc sententiam argumentis confirmare nititur, quae vel ex analogia, vel ex experientia desumsit. Praecipua huc redeunt.

1. Fila congeminata manifeste hunc effectum proponunt, quum ita parari possint, ut, si per extremam humiditatem primum se elongarint, subsequente altero contractionis effectu ad extremum siccitatis redeant: Est autem haec, rudiori exemplo proposita, etiam filorum simplicium structura et actio.

2. Ipsa autem experientia hoc judicium confirmat, ubi scil. utriusque hygrometri, balaenati et capillaris, progressum invicem comparamus. Sequenti tabula illud proposuit *De Luc*:

Gradus juxta Hygrometrum			
De Saussure.	De Luc.	De Saussure.	De Luc.
15,6	5	88,8	55
29,4	10	91,6	60
40,9	15	93,8	65
50,5	20	95,6	70
59,2	25	97,2	75
68,8	30	98,0	80
73,0	35	100,0	85
78,5	40	100,0	90
82,1	45	99,5	95
86,1	50	98,5	100

3. Hygrometra ex filis parata, ex aëre sicco in humidum translata, subito elongationis effectum indicant, ad punctum fixum moventur, dein vero sensim contrahuntur, donec tandem consistant; Hygrometra contra ex segmentis continue una directione moventur.

4. Ut autem directis experimentis suam probaret theoriam, ex rhachide plumarum ac ligno confecit segmenta et fasciculos, nec non rasuram. Illa hygrometri in modum adaptavit, hanc vero appendit staterae romanae, quae per indicem ponderis incrementum indicaret. Unam ergo substantiam, triplici ratione confectam, in apparatum induxit, quem primum siccum, dein humidum reddebat per pannorum madidorum evaporationem. Sic igitur comparavit incrementa ponderum et voluminum, viditque, quum illa increscebant etiamnunc, volumina segmentorum quidem augeri, fasciculorum vero contrahi (1).

Jam vero ab altera parte rem considerantes, non opus erit totam defendamus filorum classem, quum eo proposito argumenta *De Luc* tendant, ut cum tota classe inprimis capillus e foro hygrometrico eliminetur. Erit ergo operae pretium, videre quaenam his opposuerit *de Saussurê*, pro capillo militantia. Tantum autem abest, ut abneget huic retrogradationem, ut ipse primis jam hac de re tentaminibus hoc vitio deterreretur ab ulteriore hujus substantiae adhibitione (2). Dein vero experimentis edoctus, illud non capilli naturae adscripsit, verum ejus tractationi, ubi nempe nimis fuerit divulsus aut distensus. Hinc praecipit, ut ne rudius cum ipso agatur, neve libramentum tria grana excedat. Qui vero capilli nihilominus majorem quam unius gradus retrogradationem patiuntur, rejiciendos pronuntiat. Quoad *De Luc*, vitioso hunc usum fuisse capillo contendit (3), qua in re consentientem habet adversarium suum, qui ipse affirmat, suum instrumentum fuisse turbatum (4).

Quodsi in hac opinionum diversitate judicium ferre liceat, generatim quidem clar. *De Luc* concedendum est, pro iisdem humiditatis quantitatibus sensim descrescere capilli elongationem; neque improbabile est, illam tandem in retrogradationem abire. Naturale igitur esse capillo hoc vitium videtur, inprimis quum ipse *de Saussure* haud neget, raro hunc eo immunem esse. Verum ab altera parte docuit idem, quomodo error satis exiguus reddatur, ut negligi possit, et praeterea facile dignoscuntur capilli nimis vitiosi. Non ergo hac de causa omnes rejiciendi sunt. His tamen praeferendum esse hoc respectu sericum recentiora experimenta probarunt.

Et haec quidem sufficiant in dijudicatione materiarum hygroscopicarum. Ut autem ex

(1) Cff. imprimis Phil. Trans. 1792. et Introd. à la Phys. Terr. Tom. II.

(2) Vid. Lettres de *de Saussure* a Sénébier, où il decrit les qualités et les défauts d'un hygromètre qu'il a imaginé. In *Rozier* observ. sur la Phys. Mai 1778. pag. 438.

(3) Vid. tractatus peculiaris nostri auctoris défense de l'Hygromètre à cheveu, Neufchâtel 17 .

(4) Idées sur la Météorologie Tom. II. in additionibus.

ex disputatis conclusionem faciamus de optima materie, patebit, capillum elixum et substantias vegetales, quae torquendo effectum produnt, praestare sensilitate, balaenae barbam progressionis simplicitate, eandem materiem necnon capillum comparabilitate, nullam vero immutabilitate, qua tamen in causa reliquis materiebus praeferenda sunt chordae, capilli, sericum et balaena.

§. 52.

Dijudicatio variarum indicandi rationum.

Diximus, quartam hygrometri conditionem esse extensionem satis amplam, quae cum obtineatur inprimis per indicem, jam judicium erit ferendum de varia indicandi ratione. Singulas ergo hujus classes percurramus.

Quo simplicior index, eo quoque, ceteris paribus, erit melior. In apparatum ergo revolubilem nihil est animadvertendum, nisi ipsa, cui intorquendi modus exponitur, difficultas.

Methodus autem altera, qua mercurius indicat capacitatis immutationem, per se errores inducit, non evitandos.

1. Hydrargyrum enim purum in apparatu adesse non potest, quippe cui semper aëris ac vaporis particulae inhaerebunt. Methodus scil., qua omnis aër ex thermometro expellitur, hydrargyrum ad ebullitionem perducendo, ob bulbum hygroscopicum, hic applicari nequit.

2. Praeterea, quum vasis parietes satis tenues esse debeant, ut fiant sensiles, metus est, ne vi mercurii premente nimis distrahantur fibrae et sic mutatae materiei turbetur indicatio.

Quoad tertiam methodum, recentior physica aegrius indices admittit, qui per trochleam, aut vectem, aliave ratione effectus minutos majori scala referant. Quamvis enim hac in causa egregie se habeat theoria, possitque mechanices regulis facillime ex indicatione computari vera substantiae mutatio, practice tamen tantis laborat difficultatibus, ut perfectum hac in causa instrumentum prorsus non fabrefieri possit. Frictio enim partium minui potest, non vero tolli; neque etiam evitari exigua centri trochlearum oscillatio, quae omnia de sensilitate instrumenti atque constantia indicationis detrahunt. Erit quidem errorum fons eo minor, quo simplicior est machinae fabrica, et hac in causa vix hygrometra antiquorum, rotis instructa et pancratiis, cum eleganti Cl. *de Saussure* vel *de Luc* apparatu comparari possunt. Veruntamen et hi frictionis ac oscillationis vitiis non omnino sunt immunes, ideoque laudandus est *Babinet*, qui, immediate filorum dilatationem observans, in micrometro scalae divisionem accuratissimam inveniret, ac per microscopium effectum augeret, plurimis errorum fontibus missis. Ea enim est utriusque hujus instrumenti per-

perfectio, ut nihil tutius adhibeatur, dum insuper limites errorum determinari possunt. Attamen quaevis observatio experimentum exigit, quod saepe molestum est, nocetque mora, quam exigit. Pro simplici observatione meteorologica ergo praeferimus apparatum cel. *de Saussure* vel *de Luc*, qui in genere satis accuratam exhibent indicationem; quodsi vero leges affinitatis hygroscopicae examinentur, et sic variae inter se comparentur substantiae, nihil melius convenit apparatu *Babinet*.

§. 53.

Dijudicatio methodorum, quae ex punctis fixis scalam construunt.

Jam ultima hygrometri conditio examinanda est, qua scil. in diversis terrae tractibus observatum, eadem indicatione eandem semper definiat vaporis conditionem. Talem comparabilitatem scala ei conciliat, punctis fixis instructa, quorum quum vel unum fuerit adhibitum, vel duo, de utraque methodo succincte videamus.

Continuo autem reprobanda est methodus, qua per unum punctum fixum scala determinatur. Non enim statuendum, omnia corpora hygroscopica ejusdem speciei ita ab omni parte convenire, ut nulla differentia sit dilatationis absolutae. Hinc etiam factum, ut, qui talem assumerent scalam, ipsa suadente experientia, brevi eam prorsus mitterent, seque ad alteram methodum converterent. Scil. multo magis est probabile, ut, si duo habeantur puncta fixa, intermediae partes conveniant, ideoque differentia dilatationis relativa sit nulla. Etenim dependent hi gradus ab actione mutua vaporem inter et substantiam hygroscopicam, quam si per naturam materiae adhibitae determinari admittamus, sequitur, gradus eosdem fore pro omni ejusdem naturae materia.

§. 54.

Dijudicatio methodorum, quibus absolutam siccitatem determinare tentarunt.

Quum igitur duo puncta fixa prorsus necessaria sint, ut scala oriatur comparabilis, videamus:

1. de maximo contractionis, quod summae siccitati, et
2. de maximo dilatationis, quod summae respondet humiditati.

Quoad maximum siccitatis, vix est quod moneam, rejiciendam esse methodum, qua per altiorem gradum ignis hoc obtineri putatur. Satis enim *Daltoni* experimenta probarunt, vaporem non ita in aëre dissolvi, ut nullam in hygrometrum actionem exsereret. Neque etiam per constantem temperaturam constans obtinetur in qualicumque aëre humiditatis gradus, quum hic ab ipsa insuper vaporis quantitate pendeat. Quoad exsiccationem ipsius substantiae, pertinet et haec ad absurda.

Non enim substantiae humiditas determinanda est, sed aëris, et accedit metus, ne ipsa materiae indoles sic nimis mutetur.

Lamberti opinio, in vacuo plenariam vaporis absentiam ponentis, de vacuo absoluto modo valet, quod antliae nostrae pneumaticae producere non possunt; eoque minus quum, aëris pressione maximam partem sublata, longe facilius ex superstitibus quibusdam aquae particulis novi vapores exsurgant, vix eliminandi.

Nihil igitur remanet praeter materiae exsiccantis adhibitionem, qua absorbetur vapor aëre contentus. Eo perfectius omnis sic removebitur vapor, quo majori in eum affinitate gaudeat substantia. Hinc reliquis praeferenda videntur acidum sulphuricum et chloruretum calcis. Licet enim non evinci possit, absolutam vaporum absentiam per illa adesse, satis tamen perfecta sic obtinetur siccitas, ut tuto pro origine scalae adhibeatur, imprimis si caloris effectu in hunc aërem nulla humiditatis immutatio deprehendatur.

§. 55.

Dijudicatio methodorum ad definiendam absolutam humiditatem.

Multo autem gravioribus dubiis premitur maximum humiditatis. Hac in causa vehementissime fuit disputatum inter hygrometriae instauratores, *de Luc* et *de Saussure.* Ut autem pateat, utrum in aqua, an vero in aëre saturato punctum illud quaerendum sit, utramque partem audiamus.

De Luc argumenta prioris sententiae partim ex humiditatis notione petit, partim ex sui hygrometri indicatione:

1. Quo majorem humoris quantitatem corpus continet, eo est humidius. Materies igitur hygroscopica aquae immissa et sic madefacta, ut nihil amplius assumat, ad extremam humiditatem perducta est. Maximum humiditatis ergo positum est in maximo penetrationis aquae.

2. In aqua semper balaena ad punctum idem pervenit, qualiscunque fuerit temperatura. In aëre vero maximum humiditatis differt a maximo evaporationis. Coïncidunt modo haec duo puncta, vel ubi temperatura non multum 0°*C* superat, vel, si haec elevatior sit, ad paucos supra aquam pollices. Caeterum vero, quo major sit aëris saturati temperatura, eo erit siccior, i. e. eo magis a se invicem distabunt extremum humiditatis et evaporationis. Haec omnia probat sui hygrometri ope, quod in enumeratis casibus, aeque ac in aqua, semper 100° petit, sed caeterum in aëre saturato cum ipsa temperatura descendit. Sic maximum saturationis 20 — 25 gradus hygrometricos retroverti potest, si temperatura a 32° ad 80° adigatur; qua ergo caloris differentia $\frac{1}{5}$ quin $\frac{1}{4}$ partem scalae suae peragrat hygrometrum.

3. His

5. His tandem addit argumentum, ab ipso suo adversario petitum, scil. hygrometrum capillare jam ad 98° aërem saturatum indicare, dein vero ad 100° adscendere posse. Hos duos gradus repetit a differentia inter maximum humiditatis et aëris saturationem.

De Saussure autem his opponit:

1. Non aquae sed aëris humiditatem esse investigandam, ideoque maximum humiditatis non in aqua esse quaerendum, sed in aëre, postquam omnem suscepit vaporem, cujus est capax.

2. Aërem terminum fixum exhibere, quod experimenta probant, in 150 instrumentis ejusdem generis instituta.

3. Hygrometrum Cl. *De Luc* non vaporem aëre contentum indicare, sed eum quo ipsum repletur.

4. Revera ad 98° sui hygrometri jam adesse maximum humiditatis; qui vero supersunt 2 gradus, modo *supersaturationem*, ut vocat, indicare (1).

Quodsi hac in re judicium ferendum sit, maximum densitatis in vapore naturalem esse scalae hygrometricae limitem, ideoque unice pro tali admittendum ponimus. Non enim amplius in hygrometria, quae vere sic dicitur, de aqua agitur, quam ingurgitare materia potest, non de humiditatis maximo, ex aqua petenda; sed unice de vapore. Subtilius quam verius *De Luc* distinxisse videtur inter humiditatis et evaporationis maximum; nimis inhaesit fallaci suae humiditatis definitioni, nec minus fallaci hygrometri indicationi. Egregie contra ad vaporis conditionem provocat *de Saussure*, quem ducem recentiores secuti sunt. Attamen, licet theoretice haec optime valeant, bene tamen animadvertit Cl. *Muncke*, practice utramque methodum non adeo discrepare, quum et in campana, temporis progressu, ros obtegat materiem hygrometricam per aquae concretae stratum, unde in eadem tum conditione versatur, qua in vase aqua repleto (2).

Ut vero ex his conclusionibus judicemus de quaestione, sponte nunc orta, utrum capillus, an vero balaena maximum humiditatis indicet? intelligitur, oportere, ut in substantia hygroscopica maximum aut certe punctum fixum elongationis coïncidat cum vaporis maximo. Jam vero capillus $\frac{1}{45}$ etiamnunc scalae partem elongari potest, postquam aër maximum assumserit evaporationis, balaena autem unice in aqua maximum volumen attingit, quod, uti recte *de Saussure* monet, adscribendum aquae, per substantiam assumptae. Hinc sponte fluit, in capillo $\frac{1}{45}$, in balaena $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$ scalae partem nullius usus esse. Concludimus igitur, neutrum maximum humiditatis bene indicare, propius tamen accedere veritati capillum. Accedit, quod recentiores affirmant, accurata scalae determinatione, in hac materie bene praeparata errorem fere nul-

(1) Défense de l'Hygromètre à cheveu.

(2) *Gehler* l. c. p. 630 sq.

lum esse. Capillum ergo longe balaenae praeferimus. Male autem illum defendit *de Saussure* absurdâ graduum supersaturationis positione, male hanc *de Luc* humiditatis definitione: uterque nimio amore instrumentum suum amplexus.

§. 56.

Dijudicatio experimentorum Cl. Lambert.

Jam restat, ut videamus, quid censendum sit de experimentis, quibus ex hygrometro atmometriae instrumentum conficere tentarunt physici; in qua dijudicatione ipsius hujus doctrinae evolutionem per tria sua stadia prosequemur, quibus scil. vaporis quantitas primum per aquae volumen, dein per ejus pondus, tandem per ipsius vaporis densitatem vel elasticitatem fuit determinata.

Experimenta Cl. *Lambert* vix ullam nisi historicam laudem merentur, quia scil. prima hujus generis fuerunt. Neque enim sunt exacta, neque conveniunt problemati nostro solvendo. Ea exacta esse non posse, ipsa, qua instituta sunt, ratio docet. Nulla enim methodus determinandi vaporum quantitatem illa rudior est, qua efficitur ex aquae, unde provenere, volumine. Accedit, quod, uti ipse *Lambert* testatur, pars vaporis nequaquam negligenda ad vasis parietes se praecipitare debuerit, inprimis ob aquam per aliquot dies libere aëri expositam.

Etiamsi vero fuissent quam exactissima, non suffecissent, ut per ea ex hygrometri indicatione derivaretur vaporis quantitas. Neque enim temperaturae ratio est habita, neque ipsius hygrometri gradûs. Deërat nempe in instrumento, his experimentis adhibito, scala fixa, nec nisi differentiae graduum circuli annotabantur. Ad summum ergo, graduum numerum determinare poterant, quem pro data aquae quantitate percurrit, non vero gradum, quem tenet hygrometrum, ubi aëre determinata vaporis copia ad determinatam temperaturam continetur.

§. 57.

Dijudicatio experimentorum Ill. de Saussure *et* de Luc.

Multo majoris pretii habenda sunt experimenta *de Saussure* et *de Luc*, qui non volumine sed pondere vaporis quantitatem explorarunt. *De Saussure*, verus Hygrometriae auctor, vaporis in aëre elasticitatem, ope manometri, primus mensus est, et docuit exiguam aquae quantitatem, quae aërem plane saturat. Praeterea caloris hygrometricam actionem primus regulis subjecit. Cl. *de Luc* autem laus tribuatur, quod hygrometri viam in vacuo primus accuratius docuerit. Uti vero novae doctrinae initia jecere utriusque experimenta, ita perfecta esse non potuerunt. — Videamus ergo, quid de singulis eorum partibus sit judicandum.

Quo-

Quoad experimenta quibus, pro constanti aëris temperatura, vaporis quantitatem ex hygrometri gradu definire studuit cl. *de Saussure*, in genere animadvertendum est, non valere vaporis determinationem ex pondere aquae, quae eam genuit. Licet enim pondus volumine multo accuratius determinari possit, non tamen, inprimis saeculo praecedente, ea erat bilancium exacta conditio, ut huic fini sufficerent; quivis enim error maxime augetur, et sic qui exiguus in bilance fuerat, insignis evadere in vapore debet. Praeterea, licet summa cura in ponderatione fuisset adhibita, non est improbabile, uti in experimentis cl. *Lambert*, ita etiam hic aliquid vaporis in parietes praecipitari, unde et novus errorum fons.

Quoad experimenta, quibus caloris actionem in hygrometrum determinaret, innititur tabula cl. *de Saussure* hoc theoremate: primum quemvis gradum *R.*, vapori sive additum sive detractum, eundem semper in determinatum hygrometri gradum producere effectum, qualiscunque fuerit temperatura, si modo inter -17 et $+10^{\circ} R.$ comprehendatur. Experimentis illud confirmatum sit. Cum vero haec subtilissima sint, nec facile levis error evitetur, theorematis probabilitatem ex comparatione scalae artificialis cum naturali efficere liceat. Indagemus ergo qualis sit vaporis lex quae eo duceret?

Si appellemus: δ densitatem quandam vaporis partialem ad t; d et d' maxima densitatis pro t et $t+1$, m et m' gradus hygrometri, quos indicat δ ad t et $t+1$; n numerum graduum inter 2 humiditatis extrema; erit

$$\delta = \frac{d}{n} m \qquad \delta = \frac{d'}{n} m'$$

[illegible]

unde sequitur

$$\frac{m'}{m} = \frac{d}{d'}$$

Ut autem pro omni valore $\frac{d}{d'}$ constans sit, necesse est $\frac{F(t)}{F(t+1)}$ sit constans, qualiscunque sit t, ideoque vaporis densitates serie geometrica increscant cum temperatura. At vero experientia satis constat, densitatum seriem cum crescente temperatura imminui, si eam cum serie geometrica compares; ideoque in scala naturali non obtinet theorema cl. *de Saussure*. Possit quidem ipsa scalae artificialis natura ad illud ducere, ita ut efficiatur ab illius cum naturali discrimine; non vero probabile est, quod tanta, quanta in capilli dilatatione habetur, causarum complicatio ad eam duceret regularitatem. Quomodocunque autem res se habeat, experiendi rationem a cl. *de Saussure* adhibitam, ad vaporis leges minus accommodatam habemus; tabulamque, quam hinc deduxit, non nisi approximationem rudiorem.

Tandem vero quoad experimenta, quibus aëris evacuationis actionem in hygro-

grometrum demonstrare tentaret, repugnant ea vaporis legibus, quas recentiores detexerunt. Putabat nimirum *de Saussure*, aëre dissolvi vapores vi affinitatis; hac autem per aëris raritatem imminuta, relative affinitatem hygrometricam augeri. Verum satis demonstrarunt *Daltoni* experimenta, in aëre densiore aeque ac in rariore, quin in vacuo, eandem esse pro eadem temperatura vaporis densitatem atque proprietates. Hinc igitur sequitur, aëris evacuationem non eum habere posse effectum, quem ei adscribit *de Saussure*. Quid igitur? Num experimenta tanti observatoris fictitia aut non accurata dicamus? — Minime vero. At immediate ex illis lex exposita sequitur. Verum triplex esse causa videtur, qua hygrometrum altiorem retinere gradum potuit, quam debuisset, si aequales vaporum partes extraherentur.

1. enim ipse capillus quo propius versus siccitatem accedat, eo majorem graduum numerum percurrit pro eadem vaporum quantitate desumta.

2. Thermometrum non observavit in campana sua *de Saussure*; notum autem est, quod in aëre rarefacto decrescit calor. Sic igitur per frigoris effectum altiorem gradum occupare debuit Hygrometrum.

3. Vitro adhaeret in omni aëre, inprimis autem in humido, tenue vaporis aut aquae stratum, quod vix ab eo separatur, ubi solita manet aëris externi pressio; si vero versus vacuum tendat, sponte in vapores abire debuit et sic in hygrometrum agere, licet quantitas nimis sit exigua, quam ut magnopere in manometrum agat.

Hae igitur causae sufficere mihi videntur ut effectus ille in hygrometrum explicetur.

Generatim disputata de experimentis cl. *de Saussure* valent etiam de experimentis cl. *de Luc*; et sic quae de ponderandi methodo in eorum dijudicatione in medium protuli, etiam de his dicta sunto. Methodus autem, qua aquam in vitreos globulos disposuit, pannis madidis praeferenda videtur, quum per eam aquae quantitas melius determinetur, neque opus sit, plus semel apparatum reserare.

Caeterum summas, uti monuimus, laudes meretur *De Luc*, quod demonstraret hygrometri gradum, caeteris paribus, qualicunque aëris rarefactione aut condensatione non immutari.

§. 58.

Dijudicatio laboris hygrometrici Cll. Du Long, Gay-Lussac, Biot, *atque* Melloni.

De experimentis cl. *Du Long* judicium ferre vix possum, quum de ratione qua instituta fuere, nihil annotatum inveniam. Neque, ipso monente *Biot*, pro absolutis haberi possunt, quum alterum scalae punctum fixum elongationis maximo non conveniret. Neque etiam ad finem perducta, sed media in opera abrupta fuere. Atta-

tamen in eo praecedentibus praestant, quod in iis non absoluta vaporum quantitas, verum eorum densitas comparetur cum hygrometri gradu.

Summopere autem laudanda sunt experimenta cl. *Gay-Lussac*. Etenim causae errorum in methodo cll. *de Saussure* et *de Luc* hîc omnino evitatae fuere, quum nihil referat, quaenam vaporis quantitas ex aqua exsurgat, quaenam ad parietes praecipitetur. Elasticitas vaporum eadem semper erit pro eadem temperatura ac liquoris densitate. Hac autem elasticitate determinatur vaporis densitas, ideoque et quantitas.

Quoad formulas Cl. *Biot*, animadvertimus, et huic viro accidisse, qui praeclaris mathematicis communis error esse solet, ut scil. formulae elegantiam praetulerit fidae observationum declarationi. Leges determinare studuit, non autem facta referre. Quodsi vero admittimus, complicationem illam, de qua vidimus, affinitatis hygroscopicae cum vaporis tensione, vix generalibus quibusdam conditionibus comprehendi posse, sequitur, haud sufficere nostro fini formulam, quae 2 vel 3 modo observationibus fundata est, nihil vero magis convenire quam illam, de qua jam antea diximus, regulam minimorum quadratorum. Hanc ergo hîc loci ita adhibui, ut formulam quandam generalem praeberet, ex qua possent tabulae hygrometricae computari.

Appellemus vaporis tensionem δ, hygrometri gradum μ, erit aequatio fundamentalis

$$\delta = F(\mu)$$

quam proponere sequenti forma possumus:

$$\delta = a\mu + b\mu^2 + c\mu^3$$

Determinantur autem constantes aequationibus

$$\Sigma\mu\delta = a\Sigma\mu^2 + b\Sigma\mu^3 + c\Sigma\mu^4$$
$$\Sigma\mu^2\delta = a\Sigma\mu^3 + b\Sigma\mu^4 + c\Sigma\mu^5$$
$$\Sigma\mu^3\delta = a\Sigma\mu^4 + b\Sigma\mu^5 + c\Sigma\mu^6$$

quae, substitutis valoribus δ et μ, ex observatione deductis, mutabuntur in

$$45298{,}13 = 52980{,}49\,a + 4576291{,}251\,b + 408085048{,}4277\,c$$
$$4011576{,}877 = 4576291{,}251\,a + 408083048{,}4277\,b + 37091615432{,}22651\,c$$
$$363649424{,}3699 = 408083048{,}4277\,a + 37091615432{,}22651\,b + 3416473403363{,}390149\,c$$

His aequationibus solutis, invenimus

$$a = 0{,}4906$$
$$b = -\,0{,}001488$$
$$c = 0{,}00006599$$

unde sequitur formula generalis

$$\delta = 0{,}4906y - 0{,}001488y^2 + 0{,}00006599y^3$$

Si jam, ratione inversa, formulam hanc nostram comparemus cum ipsis observationibus, sequens inde tabula elicitur:

Gradus hygr. observati.	Tensiones vaporis observatae.	Tensiones computatae.	Differentiae cum observatione.
0,00	0,0	0,00	0,000
6,1	2,4	2,584	+ 0,184
25,3	12,2	12,496	+ 0,296
33,1	18,1	16,929	— 1,171
61,5	37,6	39,223	+ 1,623
71,0	50,5	50,274	— 0,226
82,0	66,0	65,506	— 0,494
87,4	75,9	74,234	— 1,666
92,2	82,3	82,738	+ 0,438
97,7	90,6	93,404	+ 2,804
100,0	100,0	98,170	— 1,83

Hinc ergo sequitur, satis bene convenire calculum observationi; non vero hanc ob causam multum eum praecellere calculo cl. *Biot*, quod tamen casui potius quam methodo adscribendum putamus.

Ut vero de probabilitate cum experimentorum, tum nostrae formulae plenius constet, sequentes inserviunt aequationes, ex eadem regula minimorum quadratorum deductae.

$$S = \Sigma\,\delta^2 - a\Sigma\mu\delta - b\Sigma\mu^2\delta - c\Sigma\mu^3\delta$$

$$e = 0{,}6744897\sqrt{\frac{S}{m}}$$

$$e.a = \frac{e}{\sqrt{\left(\dfrac{N}{\Sigma y^4\,\Sigma y^6 - \Sigma y^5\,\Sigma y^5}\right)}}$$

$$e.b = \frac{e}{\sqrt{\left(\dfrac{N}{\Sigma y^2\,\Sigma y^6 - \Sigma y^4\,\Sigma y^4}\right)}}$$

$$e.c = \frac{e}{\sqrt{\left(\dfrac{N}{\Sigma y^2\,\Sigma y^4 - \Sigma y^3\,\Sigma y^3}\right)}}$$

in quibus formulis est S summa quadratorum errorum, qui probabiliter inhaerent observationibus,

e error probabilis in singulis observationibus,

m numerus observationum $= 10$,

$e.a$, $e.b$, $e.c$ probabiles errores coëfficientium a, b et c.

N denominator horum coëfficientium

$$= \Sigma\mu^2 (\Sigma\mu^4 \Sigma\mu^6 - \Sigma\mu^5 \Sigma\mu^5) + \Sigma\mu^3 (\Sigma\mu^4 \Sigma\mu^5 - \Sigma\mu^3 \Sigma\mu^6) + \Sigma\mu^4 (\Sigma\mu^3 \Sigma\mu^5 - \Sigma\mu^4 \Sigma\mu^4)$$

Substitutis autem in iis formulis valoribus, quos reperimus, invenitur

$$S = 20{,}71714954$$
$$e = 0{,}9708235$$
$$e.a = 0{,}018$$
$$e.b = 0{,}00159$$
$$e.c = 0{,}0000109$$

Hinc patet, quoad experimenta, satis insignes esse errores, ut pro accuratissimis haberi nequeant: id quod auctori non adeo tribuimus, quam quidem materiae hygroscopicae indoli, mathematicis argumentis oppositae. Imprimis enim tensione magis depressa, error observationis limitibus non comprehenditur. Veruntamen, quum observatio meteorologica fere gradus hygrometri altiores reddat, videntur huic fini experimenta sufficere; namque error 0,97 hic minus in censum venit.

Quoad formulam nostram, a et c satis accuratae deprehenduntur, b autem nimis peccat, quum ipsum ejus valorem excedat error probabilis.

Concludimus ergo, experimenta cl. *Gay-Lussac*, quantumpote ingeniosa, minorem tamen mereri fidem, quam qua fere habentur; formulam cl. *Biot*, elegantem licet, ex natura hygroscopiae, non satis referre facta posse; formulam autem, quae ex combinatis inter se omnibus experimentis efficitur, firmiori quidem inniti fundamento, non vero ea se commendare fide, ut operae pretium videatur novas exinde tabulas computare.

Tandem de experimentis cl. *Melloni* agendum est, quae summa cura instituta videntur. In ipsum eorum principium nihil est animadvertendum; modo practice accurate elaboretur, quod omnino factum videtur. Praestat haec methodus praecedenti, a cl. *Gay-Lussac* institutae:

1°. quod eodem momento tensio vaporis observatur et hygrometri gradus.

2°. quod sic facilius per totam scalam experimenta instituuntur.

3°. quod facillime haec repetuntur et ita confirmantur, aut emendantur.

Sperandum est, fore ut brevi auctor hoc opus perficiat. Remanet enim altera pars, eaque difficillima, de caloris effectu, etiamnunc solvenda.

§. 59.

Conclusio.

Ex prolixa hac nostra disputatione concludimus, methodum jam expositam et dijudicatam nondum eo perfectionis fuisse adductam, ut integrum problema solvere possit.

Etenim *primo*, quae fuere adhibita experimenta et tabulae, ut hygrometri indicatio cum atmometria conjungeretur, pro determinata tantum temperatura valent, caeteras intactas relinquunt. Hoc autem argumentum non in ipsam methodum dictum est. Ulteriora enim experimenta, quod deficit supplere possint, eoque facilius, quo interius cognitae fuerint ipsius vaporis natura et leges.

Verum *secundo* huic accedit, quod etiamnunc desideratur materia talis, quae omnibus respondeat conditionibus, a nobis enumeratis, quas inter maximum obstaculum, vix eluctandum, efficit immutabilitas, quippe nulli materiae organicae propria. Quamdiu ergo constat, temporis lapsu imminui atque mutari materiae hygroscopicae indicationem, et vix corrigi posse qui hinc profluunt errores, quicunque hanc methodum speciosa calculorum congerie adornare velit, oleum perdiderit atque operam.

METHODUS TERTIA,

QUAE EST PER REFRIGERIUM.

PARS THEORETICA.

§. 60.

De methodi principio.

In praecedenti methodo, ut fini suo satisfaceret, duae doctrinae, a se invicem discretae, conjungendae erant: hygroscopia scil. et atmologia. Illa relativam quandam vaporis conditionem indicabat, quam haec adhiberet ad problematis nostri solutionem; cui ergo neque generales vaporis leges, neque specialis ejus actio in corpora hygroscopica per se sufficiebant. Et quidem, ex ipsius historiae testimoniis, accesse-

rat

rat atmologia hygroscopiae. Initio enim, quum de humiditate modo, non vero de ejus causa ageretur, spectabat ea methodus nil nisi instrumentorum quorundam constructionem, quae indicarent, aëre esset siccior, an vero humidior. Deërat omnis scientiae color. Quum vero vaporis natura paulo plenius investigari coepisset, nec non quaestiones agitari de ejus quantitate, complicarunt hygroscopia illa cum thermometris, ut ex conjuncta utriusque indicatione problema solveretur. Commiscebantur ergo leges organicae physicis. Quo vero accuratius determinarentur leges vaporem inter et calorem, eo quoque magis rejecta hygroscopia fuere. Nova methodus exstitit, quae unice leges physicas consuleret. Talis ea est, quam jam aggredimur; in qua scil. thermometrum solam facit mensuram, dum reliqua largitur vaporum theoria. Temperaturam nimirum explorat vaporis hygrometrici, ad maximum densitatis et elasticitatis perducti, tentatque exinde ejus quantitatem derivare. Duplici illud ratione perficit:

1. Vel enim vaporem simpliciter refrigerat ad eum usque limitem. Videlicet, si caloricum illi sensim paulatimque detrahitur, aucta densitate, eo perveniet, ut nullam amplius refrigerationem patiatur, quin potius in guttas defluat; eoque citius, quo propius jam ad eum terminum se habeat, et, vice versa, eo lentius, quo magis ab illo distet.

2. Vel evaporatione supplet, quod illi maximo deest; sic enim refrigeratio oritur, quae increscit cum evaporationis quantitate. Haec autem determinatur densitate vaporis, qui in aëre jam adfuit, ideoque et refrigerationis quantitas, quae sic mensuram exhibet, ad scopum nostrum aptam.

In utraque ergo procedendi ratione refrigerium mensuram praebet, ex qua problema nostrum solvendum est. In illa quidem vapor simpliciter refrigeratur, in hac vero novam praeterea suscipit vaporis quantitatem. Jam singulatim dicemus de utroque argumento, ita ut, positis principiis theoreticis, quibus innituntur, generatim videamus, quomodo haec in usum duci possint, et quid hac in causa requiratur, ut absolutum existat opus.

§. 61.

De frigoris actione in vaporem hygrometricum.

Si vapor, aëre contentus, sensim paulatimque refrigeratur, patitur contractionem, unde increscit densitas. Propius ergo propiusque adducitur ad saturationis maximum. Accedit autem, quod, quo depressior sit temperatura, eo quoque minus evadat ipsum densitatis maximum. Sic ergo necessario perveniet ad eam densitatem, quae respondet temperaturae imminutae, tamquam ultimus terminus, quem non transgreditur vapor.

Quod

Quod autem attinet ad vaporis elasticitatem, haec per refrigerium, in aëre aperto, quale describimus, immutata manet; sunt enim ex corporum aëriformium natura elasticitates vaporum in ratione duplicata eorum densitatum et temperaturarum; ideoque

$$E : e = DT : dt$$

Si autem D, E et T densitatem, elasticitatem et temperaturam vaporis hygrometrici, qualis, d, e et t vaporis refrigerati designent, erunt densitates in ratione inversa temperaturarum.

Unde sequitur $DT = dt$, ideoque, ex nostra proportione, $E = e$.

§. 62.

De vaporis densitate, simplici refrigerio invenienda.

Est ex lege *Daltoni*, si d densitatis maximum significet, quod temperaturae t respondet.

$$d = F(t)$$

si t ad gradum minorem t' descendat, pars vaporis condensabitur et densitas evadet d', eritque ea item ad maximum, illud scil. quod t' respondet. Si vero t adscendat ad τ, neque nova accedat vaporis quantitas, dilatabitur vapor ex legibus, omni aëri propriis. Erit ergo

$$\delta = \frac{1 + 0{,}00375\ t}{1 + 0{,}00375\ \tau}\ d$$

Haec autem formula densitatem vaporis in aëre refert. In ea t denotat temperaturam, ad quam si descenderit vapor, densitatis maximum tenebit, τ ipsam vaporis temperaturam. Innotescit ergo δ, cognitis t et τ. Siquidem jam vapor refrigeratur, donec ad maximum illud pervenerit, observari t poterit. Tum igitur solutum erit problema.

Ex formula nostra simul patet, vaporis densitatem eo esse minorem, quo depressior sit t relative ad τ, eo majorem quo magis accedat t ad τ, maximam denique si sit $t = \tau$.

Observato autem t, innotescit et vaporis elasticitas, quum sit

$$e = F(t)$$

Hinc item ejus densitas derivari potest. Constans enim est ratio c, inter vaporis et aëris densitatem pro eadem temperatura et elasticitate. Densitas ergo vaporis sequenti formula declaratur:

$$\delta = \frac{e}{B} \cdot \frac{cu}{1 + mT}$$

in qua est $c = 0{,}6239$ ex experimentis cl. *Gay-Lussac*, aëris pressione $B = 28$ poll. Paris., vel etiam $c = 0{,}6515$ juxta *Muncke*, $B = 0^m{,}76$

u

u densitas aëris, ad 0° *C* et *B* = 28 poll., aut = $0^m,76$
m coëfficiens dilatationis = 0,00375
t aëris temperatura.

§. 63.

De ratione, qua temperatura maximi vaporis observatur.

Exposuimus ergo, quomodo, vapore ad maximum perducto, determinetur ejus densitas. Sponte vero in quaestionem incidimus, quid tandem sit criterium temperaturae, quae illi maximo respondet? Facile ex ipsa ejus natura petitur. Qui enim hac conditione se habet vapor, minutissima etiam temperaturae imminutione praecipitatur. Prima ergo vaporis condensatio indicium erit, attigisse eum hoc maximum. Roris autem forma deponitur. Hinc fit, ut temperatura, quae huic condensationi respondet, vocetur *punctum rorans* (*dauwpunt*, *dewpoint*). Revera quidem maximum illud hoc momento jam praeterlapsum est. Quum vero temperaturae differentia quam minima condensationi perficiendae sufficiat, ipsum punctum rorans pro temperatura maximi haberi poterit.

Colligimus ex disputatis, ut quaesita densitas ex hoc fonte inveniatur, vaporem esse refrigerandum, donec incipiat praecipitatio, tumque temperaturam esse explorandam. Sic elaborata, nostra methodus non immerito *Thermohygrometriae* nomen habet, ideoque apparatus, huic scopo destinatus, *Thermohygrometrum* dicitur.

§. 64.

De Thermohygrometris in genere, eorumque requisitis.

Ex praecedentibus sequitur, haec instrumenta id spectare, ut in corpore quodam calor imminuatur, donec in eo deponatur vapor, quo ipso momento corporis adhibiti temperatura exploratur. Triplex ergo instrumenti finis est. Primo refrigerium producit. Dein praecipitatum indicat, quod primum oritur. Tandem refrigerii quantitatem determinat. Sic etiam triplex instrumenti pars esse debet: causa scil. refrigerans, corpus quod praecipitatum recipit, et, quod temperaturam indicat, instrumentum i. e. Thermometrum.

Quoad thermohygrometrorum requisita, hinc derivanda, his ea regulis continentur:

1°. Refrigeratio sufficiat praecipitato producendo, sitque satis lenta, ut ne subito hoc oriatur et increscat.

2°. Praecipitatum, quam primum exortum fuerit, observari possit.

3°. Thermometrum indicet temperaturam, quam corpus refrigeratum ipso puncto roranti habet.

§. 65.

De aquae evaporatione hygrometriae applicanda.

Praeter thermohygrometriam, quae jam exposita est, diximus, nostra methodo et aliam contineri rationem, vaporis hygrometrici quantitatem definiendi. Is enim, non simplici tantum refrigerio, sed et aquae evaporatione ad saturationis maximum perducitur. Ubi autem ex hoc fonte novus exstitit vapor, frigus exoritur, diversum pro hygrometrica aëris conditione, quod sic mensuram exhibet, nostro scopo accommodatam. Non immerito ergo *Psychrometria* vocatur doctrina frigoris evaporationis hygrometriae applicata.

Prouti autem Thermohygrometria immediatam exhibebat indicationem, quae sponte fere vaporis elasticitatem, et, facillimo calculo, ejus densitatem redderet, ita in Psychrometria complicatae oriuntur quaestiones, quae ex physices legibus, satis compositis, solvendae sunt. Observatio quidem longe est simplicior; nil enim praeter thermometrum postulat. Theoria vero physica supplere debet, quod hac in causa requiritur ad perficiendam hygrometriam. Apparatus scientiae satis insignis opus est. Videamus ergo paulo accuratius de ipso evaporationis frigore, ut pateat, quomodo exinde judicium feratur ad statum aëris hygrometricum.

§. 66.

De frigore evaporationis in aëre sicco.

Antequam de frigore evaporationis in aëre humido dicimus, conveniet si generatim in causas inquiramus, quae ejus quantitatem in aëre determinent.

Ponamus, tenuissimum aquae stratum definita aëris sicci quantitate circumdari, et abstrahamus omnia corpora, quae per radiationem caloricum aquae tribuant. Continuo vapores oriuntur, qui, ut formari possint, determinatam exigunt calorici portionem. Hanc autem largitur aër, qui sic refrigeratur. Quo magis procedat haec actio, eo magis imminuetur aëris temperatura, ideoque et major erit vaporis quantitas, qui per hoc caloricum generari potest. Ipsa vero decrescente temperatura, minor vaporis densitas requiritur ad saturationem. Vapor ergo ex duplici hac causa magis magisque ad maximum suum accedet, tandemque hoc attigerit; nisi scil. ita eliminetur, ut novo fiat locus, prouti ingeniose fecit *Leslie*, formatum vaporem absorbendo ope Acidi sulphurici, ut refrigerationem protraheret ad glaciei formationem usque. Si vero una cum aëre maneat vapor, ulterius pergere refrigeratio non poterit, quam ad illud maximum. Ceteroquin enim novus vapor exortus continuo ite-

iterum praecipitetur, ideoque quod ligaverat, caloricum aëri restituat. Obtinebit ergo frigoris maximum, si aequales sint calorici quantitates, quam aër perdit, eaque, quam ligat vapor, hoc aëre contentus, ut ad maximum suum perveniat.

§. 67.

De frigore evaporationis in aëre humido et in mobili.

Jam, quae nostri argumenti est, evaporationem consideremus in aëre, vapore hygrometrico onusto. Res est praecedenti complicatior. Eadem quidem ratione continuo vaporem emittet aqua; caloricum autem, quod sic obsorbetur, non ab aëre modo provenit, sed et a vapore, qui eo continetur. Vapor ergo hygrometricus refrigerio contrahitur, et sic, uti in thermohygrometria, accedit ad maximum densitatis, quod et ipsum minori gradu se habet prae temperaturae depressione. Hinc sequitur, quovis momento minui vaporis quantitatem, quae deficit, ut saturationis maximum obtineat. Ab altera vero parte, quod item in aëre sicco locum habet, quovis momento augetur aquae quantitas, quae in vapores redigitur, ideoque et novi vaporis densitas. Quum igitur vaporis hygrometrici actio concurrat cum causis, quas in praecedenti § enumeravimus, citius etiam, quam in aëre sicco maximum suum attigerit vapor. Quum vice versa hae causae accedant refrigerationi vaporis, qualem in thermohygrometria consideravimus, sequitur aquae evaporatione citius ad saturationis maximum perduci vaporem, quam simplici refrigerio. Dicitur temperatura, quae maximo respondet, *punctum psychrometricum*, quod igitur revera differt a roranti, eoque altiorem semper gradum retinet (*).

Si

(*) Nisi in modestiae officium peccare videar, mirer, virum clar. *Muncke*, qui Hygrometriam accuratissime exposuit et acute dijudicavit, contendere, punctum psychrometricum roranti convenire, his tantum argumentis motus: refrigerationem eousque pergere debere, donec ad maximum densitatis pervenerit vapor. « Insofern der schon verhandene Dampf von seiner Wärme verliert, und dadurch verdichtet, zugleich aber durch den neu gebildeten vermehrt wird, so muss dieser Prozess so lange fort dauern, bis das Maximum der Sättigung der Luft mit Dampf eintritt, die Luft also keinen neuen mehr aufnehmen, und zu dessen Bildung keine Wärmebindung mehr stattfinden kann, welches dann den Thaupunct giebt" atque insigne esse caloricum vaporis latens, nec minorem aviditatem, qua illum suscipit aër: « Bei der grossen Wärmecapacität des Dampfes, und der Begierde der Luft, diesen in sich aufzunehmen, wird die Dampfbildung unausgesetzt fortdauern, so lange noch freie Wärme hierfür vorhanden ist, also bis zu dem Augenblicke, in welchem die Luft keinen Wasserdampf mehr aufnehmen kann, bei stärkerer Temperaturverminderung vielmehr ein Niederschlag entstehen müsste, was indess unmöglich ist. Hiernach giebt aber das befeuchtete Thermometer den eigentlichen Thaupunct, oder, wenn man genauer will, den Punct der grössten Dichtigkeit des Wasserdampfes der Atmosphäre unmittelbar. — (*Gehlers Wörterb. neu bearb.* cett. B V. Abth. I. p. 657.)

Quoad primum: concedimus, refrigerari vaporem hygrometricum et sic condensari, concedimus item no-

Si jam evaporatio fiat in aëre mobili, eodem illa tramite perget. Aër una cum vapore, ad maximum perducto; amovetur, novusque, si modo eandem habeat temperaturam, similiter eam calorici partem perdit, quam ligat vapor, ut densitatis maximum locum habeat. Itaque actione venti non turbatur frigus evaporationis, quin potius impedit ea, quominus sensim paulatimque radiatione corpora quaedam cingentia punctum psychrometricum alterent.

§. 68.

De Psychrometris eorumque requisitis.

Considerato jam evaporationis frigore, cum in aëre sicco tum in humido, superest, ut generatim videamus, quomodo hinc inveniatur vaporis hygrometrici quantitas? Duplex autem oritur quaestio:

1°, Quomodo observetur punctum psychrometricum?

2°. Quomodo exinde vaporis densitas computetur?

De singulis singulatim agamus.

Instrumentum, quod usu nostro adhibetur, vocatur *Psychrometrum*. Hoc autem thermometris constitui, sponte intelligitur. Quum vero satis constet, eandem esse vapori temperaturam, ac aquae strato, unde immediate exsurgit, sequitur, in hoc strato observationem perbene institui. Duplici autem conditioni est satisfaciendum; alteri, ut ipsius strati exploretur temperatura, alteri, ut superficies, vapores emittens, insignis sit ratione quantitatis aquae, ex qua exsurgunt. Ipse ergo thermometri bulbus optime tenuissimo aquae strato circumdatur, ita ut ab omni parte obtineat evaporatio. Porro opus est, vel renovetur aqua eadem ratione, qua evanescit per evaporationem, vel affundatur, quotiescunque observatio fiat. Tandem vero madido huic thermometro alterum accedere debet, quod aëris indicet temperaturam, ut sic conclu-

novo eum vapore augeri et hunc processum pergere ad maximum saturationis usque. Negamus autem hoc maximum idem esse ac si unice produceretur vapore hygrometrico. Videtur Vir cel. prorsus evaporationis effectum in producendo hoc maximo neglexisse, attendens modo ad ejus vim refrigerantem.

Quoad alterum: nihil verius, quam insigne esse caloricum, quod aqua ligat, ut in vaporem abeat, ita ut centenos gradus numeret, dum differentia psychrometrica vix aliquot gradus attingat. Hoc autem, ut ne alia adducam, compensatur exigua vaporis massa, quae formatur, ratione aëris quem implet. Esse autem aëri aviditatem, sive affinitatem in vaporem, novis experimentis satis fuit refutatum. Quin et quantitas vaporis, quam suscipit aër, vix notabilis esse potest, si nempe vapor hygrometricus jam prope densitatis maximum se habeat.

Caeterum experimenta quaedam adducit Auctor, quae, ex ipsius sententia, instituit modo, ut aliquantulum saltem hac in re praestaret. Vix enim quidquam facere videntur ad ejus sententiam confirmandam.

cludatur ad differentiam psychrometricam. Hoc ergo extra sphaeram evaporationis collocetur necesse est.

§. 69.

De formulis psychrometricis et earum postulatis.

Ad alteram accedimus quaestionem, eamque praecedente graviorem: quomodo scil. ex differentia psychrometrica ducatur vaporis hygrometrici densitas vel elasticitas? Formulas hunc in finem requiri, ex antea disputatis satis colligitur. Hae autem duplicis imprimis generis esse possunt. Vel enim *a priori*, ex principiis mere theoreticis, construuntur, vel *a posteriori*, ex observationibus et experimentis.

1. Leges physicae per se nostro scopo sufficiunt, quod ex theoria calorici latentis, supra exposita, facile intelligitur. Si enim caloricum specificum vaporis et aëris, nec non illius caloricum latens innotescant, ex differentia psychrometrica computari poterit quantitas calorici, quam refrigerio perdunt aër et vapor, eaque quam novus vapor ligat. Itaque termini habentur aequationis, in qua omnes constantes ex theoria physica desumi, variabiles autem (aëris elasticitas et temperatura) praeter unam vaporis hygrometrici elasticitatem observatione determinantur. Hinc ergo facile derivatur terminus quaesitus.

2. Observatione similiter dirimitur quaestio. Haec enim quum doceat, differentiam psychrometricam functionem esse vaporis hygrometrici, poni poterit formula quaedam, sive seriem referat, sive aliam formam induat, in qua constantes iisdem observationibus determinantur.

Animadvertendum est, in formulis prioris generis similiter constantes a posteriori definiri posse, ita ut hinc mixtum quoddam oriatur genus.

Quod ad postulata attinet, quibus respondere eae formulae debent, oportet, ne forma peccent et ne errore laborent constantes. Caeterum, si approximative usui practico adaptentur, per se patet, cavendum esse, ne error terminorum, qui negliguntur, fiat sensibilis.

PARS HISTORICA.

§. 70.

De argumenti historia.

Initium hujus disquisitionis historicae fiat a generali conspectu, quo nostrae methodi origo et incrementa proponuntur. In genere autem animadvertendum est, eam omnem de-

deberi recentiori aevo. Licet enim quaedam ejus vestigia deprehendantur in antiquiorum physicorum operibus, revera tamen ejus incrementa incipiant ab ipsa atmologia fundata. Hoc demum tempore nostra methodus agitari potuit, quippe quae tota innititur principiis, ex intima vaporum natura deductis. Sufficiat autem hoc loco praecipuos auctores attigisse, qui et de thermohygrometria et de psychrometria meriti fuere.

Quoad vaporis condensationem: Physici jam Florentini illam per frigus ex aëre praecipitarant; at vero non nisi ad ejus copiam attendebant in dijudicanda humiditate. Primus erat doct. *le Roy*, qui temperaturam, qua praecipitatio obtinebat, observare tentaret. Hunc secutus *Dalton*, ex hac temperatura vaporis quantitatem efficere studuit. Tandem vero *Daniell* aptum et elegantem apparatum excogitavit, ad observationem illam instituendam, in quo evaporatio liquidi volatilis frigus producebat. Hunc varia ratione partim mutarunt, partim emendarunt Physici, cum Angli, *Brewster*, *Cumming*, *Jones*, *Adie*, tum Germani, *Döbereiner*, *Körner*, *Bohnenberger*.

Quoad frigus evaporationis: erat *Hutton*, qui primum cogitaret de eo ad hygrometriam applicando. Cel. autem *Leslie* accuratius hoc argumentum explicuit, ita ut jure ejus instaurator habeatur. Primus enim confecit psychrometrum, qua in re successerunt illi *Lüdicke*, *Blackadder* et *August*. Idem vero et psychrometriam primus ad doctrinae regulas redegit. Scil. ex theoria calorici latentis posuit ejus fundamenta, in quibus ulterius elaboratum fuit ab *August* et *Ivory*, postquam cel. *Gay-Lussac* experimentis et calculo examinaverat frigus evaporationis in aëre sicco.

Alteram viam iniit *Anderson*, ut ex differentia psychrometrica efficeret vaporis quantitatem. Etenim usus est lege, a cel. *Dalton* eruta, de evaporationis quantitate, pro vaporis hygrometrici elasticitate diversa.

Formulas hasce ad usum practicum adaptarunt cum ipsi auctores, tum alii. Determinarunt enim, in suis quisque formulis, terminos constantes ex calorico latenti et specifico vaporis, nec non ex aëris capacitate, *Leslie* et *August*; ex hygrometri balaenati indicatione *Anderson*. Iis autem qui succederet, cl. *Bohnenberger* contulit thermohygrometriam cum psychrometria, et exinde novam lucem affudit regulis formulisque, quas exhibuerant *August* et *Anderson*. His ergo triumviris revera debetur, qualis hodieque exstat, psychrometria.

Tandem vero cl. *Baumgartner* ex observationibus meteorologicis ad fidem concludere studuit, quae nostris hygrometris competeret. Ea ergo inter se, nec non cum hygrometro capillari comparavit.

Ut ergo concinno ordine hoc capite procedamus, videndum erit:

1. de thermohygrometris et, quae huc pertinent, tabulis.
2. de psychrometris.

3. de theoriis et formulis psychrometricis.
4. de thermohygrometris et psychrometris inter se collatis.

§. 71.

De origine Thermohygrometriae.

Hac § ea collegimus experimenta, quae tenderent quidem ad vaporis ex aëre condensationem in usum hygrometricum convertendam, nondum vero aptum apparatum hunc in finem monstrarent, ita ut straverint modo viam, quae eo duceret.

Fuit societas *del Cimento*, quae prima cogitaret de vaporum ex aëre praecipitatione per instrumentum perficienda. Conum enim ferreum, apice vitreo instructum, implebant aqua frigidissima. Hac ratione vapor hygrometricus in aquam condensabatur et, sensim auctus, juxta apicem in receptaculum destillabat. Guttularum numerus, qui determinato tempore exstillarat, humiditatis erat mensura. *Musschenbroek*, in additionibus ad haec experimenta sic omnem vaporem ex magna campana haurire praecipit (*).

Simili modo *Fontana* laminam vitream bene depuratam et siccam, cujus pondus cognitum habebat, ad certam quandam temperaturam usque refrigerabat. Dein illam aëri per determinatum tempus exponebat. Incrementum ponderis mensura erat humiditatis aëris (†).

Hic ergo physicus arctioribus quibusdam limitibus incluserat vagam physicorum Florentinorum indicationem. Thermohygrometriam autem vere fundavit doct. *le Roy*, ingeniosus auctor theoriae, suo tempore celebratae, de vaporis in aëre dissolutione. Eo enim tetendit, ut, vase frigefacto, temperaturam observaret, qua vapor condensaretur. Scil. aquam frigidissimam, cujus explorarat temperaturam poculo vitreo immisit, extus perquam sicco, quo facto copiose vapor praecipitabatur. Dein vero eandem aquam, ad temperaturam $\frac{1}{2}$ gradum altiorem, in alterum poculum transtulit. Si novo hoc gradu aëris vapor etiamnunc praecipitaretur, eadem ratione aquam per $\frac{1}{2}$ gradum calefacere pergebat, donec tandem temperaturam deprehenderet, supra quam nulla amplius praecipitatio obtinebat, quae tamen minimo etiamnunc refrigerio perficiebatur. Hanc *saturationis gradum* appellabat, qui, quum diverso tempore diversus esset, eoque depressior, quo aër siccior, humiditatis mensuram illi praebuit (§).

Eandem viam ingressus est *Dalton*, qui eodem tempore, quo solutionis theoriam pes-

(*) Tentam. Exp. nat. ed. P. van Musschenbroek L. B. 1731.
(†) Saggio del Real Gabinetto di Firenze p 19. Conf. *Muncke* l. c. p. 615.
(§) Mém. de l'Acad de Paris 1751.

pessumdaret, similem adhibuit, ac *le Roy*, apparatum. Illi autem physico laus competit, quod primus viam indicarit, qua ex saturationis gradu vaporis densitas inveniri posset, ea fere ratione, quam praecedenti capite exposuimus (*).

Tandem vero cel. *Berzelius* hic in censum venit, qui thermometrum, bulbo metallico bene polito munitum, in contactu ponebat cum vase, mixtionem salium refrigerantem continente. Sic ergo, temperatura satis depressa, bulbus vaporis condensationem manifestabat (†).

§. 72.

De Thermohygrometrorum diversitate.

Ulteriore Physices progressu, ex memoratis experimentis peculiaria instrumenta fluxere, Thermohygrometra scil. Haec autem omnia peperit nova frigoris efficiendi ratio, quae scil. hoc in evaporatione liquoris volatilis quaereret. Antea enim difficillimum erat, sensim paulatimque eam obtinere temperaturam, quae ad vaporis condensationem opus erat. Postquam vero cel. *Daniell* liquorem volatilem substituerat aquae frigidae vel salium mixtioni, continuo nostra instrumenta exstitere, pro variis physicorum opinionibus diversimode modificata.

Ut jam generali modo hanc diversitatem exponamus, attendendum est ad triplicem partem, quae necessario thermohygrometro inest; scil. ad evaporationem, tamquam causam refrigerantem, ad corpus, quod vaporem praecipitatum recipit, ad thermometrum, quod punctum rorans exhibet.

1. Quoad ipsam evaporationem, duplicis generis sunt Thermohygrometra. Ea enim vel est duplex, vel simplex. Scilicet *Daniell* quidem, cryophori exemplo usus, alteram internam instituit i. e. in interiore ipsius instrumenti parte positam, quae denuo producebatur per alteram, externam, in aëre aperto, quam auctor pro lubitu dirigeret. Reliqui vero physici, ambagibus evitatis, non nisi externam hanc evaporationem retinuere.

2. Quoad diversam thermometri et corporis vaporem recipientis combinationem, duplex iterum datur thermohygrometrorum diversitas. Alii enim physici thermometrum ejusve bulbum immisere corpori, quod vapori condensando et recipiendo erat destinatum, ita ut duae partes instrumento discretae essent, intra quas refrigerationis sedes collocabatur. Huc pertinent, praeter *Daniell*, *Döbereiner*, *Bohnenberger* et *Cumming*. Alii vero corpus illud in ipso thermometro quaesivere, cujus scil. bul-

(*) Mem. of the Phil. Soc. of Manchester V. p. 86.

(†) Afhandl. i Fysik, Kemi cet. II. 35. Tillochs Phil. Mag. 1809. Jan. p. 39. cf. *Muncke* l. c.

bulbum in duas partes divisere, alteram producendo, alteram indicando frigori destinatam. Ad hos referuntur *Körner*, *Jones* et *Brewster*.

Ex his igitur, inter se combinatis, sequitur, non incongrue omnia thermohygrometra ad tres classes reduci:

1. eorum, quae duplici evaporatione instruuntur, nec non corpore, vaporem colligente, a thermometro disjuncto.

2. eorum, quae simplicem modo evaporationem requirunt, sed corpus condensans etiamnunc a thermometro separatum habent.

3. eorum tandem, quae ex solo thermometro constant, utrique usui adaptato, eumque in finem modificato.

Quae classificatio quum et ordinem fere chronologicum referat, abunde patet, quomodo sensim sensimque a forma composita ad simpliciorem tenderint physici, ita ut instrumentum, quod primum apparatu satis composito erat munitum, tandem nil nisi thermometrum fieret, aliquantulum modo immutatum (*).

§. 73.

De prima classe Thermohygrometrorum.

Ad primam instrumentorum nostrorum classem unice refertur apparatus doct. *Daniell*, qui cum inventionis novitate, tum constructionis elegantia nostro aevo ita se commendavit, ut etiamnunc summorum physicorum auctoritate sit ornatus. Hinc paulo fusius de ejus fabrica dicendum putavi.

Constat ex 2 globis, $\frac{1}{2}$ poll. diam., per tubum cylindricum $1\frac{1}{2}$ lin. diam. junctis. Tubus bis ita incurvatur ad angulum rectum, ut 2 brachia verticalia et partem mediam horizontalem referat. Utrumque brachium in globum desinit; alterum vero perquam breve est, alterum paulo longius, ita ut globi non in eodem plano horizontali locum obtineant. Continet brachium longius thermometrum exiguum, cujus receptaculum ovale fere ad globi inferioris fundum usque penetrat. Hic globus repletus est, pro $\frac{2}{3}$ partibus, aethere sulphurico. Globi superioris pars infima elongatur in tubum capillarem apertum. Jam aether ad ebullitionem perducitur et, omni sic aëre ex apparatu expulso, clauditur apex ope tubi ferruminatorii. Si bene jam cesserit praeparatio, manus admotae ope ebulliat aether et sic destillatione in globum superiorem abigi possit. Ut autem ad usum instruatur, linteo tegmine obvestitur globus superior, totumque instrumentum media parte pede cupreo sustinetur, cui appenditur exiguum thermometrum indicandae aëris temperaturae.

Jam vero observatio instituenda est. Omnis aether, calore manus, in globum infe-

(*) Tab. VI. figg. 24—33 thermohygrometrorum seriem proponunt, qualem describimus.

feriorem pellitur. Dein paucae aetheris guttulae in tegmen linteum instillantur. Sic calor detrahitur vitro, quo facto condensatur in globo superiore vapor aethereus. Oritur ergo in inferiore evaporatio celeris, quam comitatur temperaturae imminutio, per thermometrum, eo brachio contentum, indicata. Destillationis in modum in globo superiore condensatur vapor aethereus, sensimque procedit evaporatio. Sic autem densior evadit vapor aëris, globum inferiorem cingentis, donec tandem subito, tenuis annuli forma, ipsum globum obtegat. Thermometrum internum, hoc ipso momento observatum, exhibet punctum rorans.

Ut auctor apparatum suum adhibeat in aëre, campana incluso, hygrometrum per foramen in campanae pariete hermetice traduxit, ita ut longius brachium intus esset, extus autem brevius. Sic enim in aëre aperto evaporatio externa obtinebat, quam sua vice interna sequebatur, globum inferiorem refrigerans.

Deinde ipse ita immutavit hygrometrum descriptum, ut totum conficeretur ex lamina aurichalcea tenuissima ac thermometri interni tubus extra ipsum emergeret. Etenim nubeculam in metallo bene polito longe melius observari existimabat, quam in vitro pellucido (*).

Tandem vero cel. Berolinensium artifex *Greiner* conjunxit superficiei metallicae commoda cum prima instrumenti constructione. Suscepit enim in media parte externa globi inferioris vitrum inaurare, zona $1\frac{1}{2}$ lin. lata, eximie splendida. Praeterea idem thermometri interni bulbum in centro globi inferioris collocavit et pro dimidia parte immersit aetheri (†).

§. 74.

De altera thermohygrometrorum classe.

Quae instrumenta simplici evaporatione ex duabus partibus discretis constant, eadem ratione sensim paulatimque ad simpliciorem formam redacta fuere.

Proposita ea sunt a *Döbereiner*, *Cumming*, *Körner* et *Bohnenberger*.

Quum in hygrometro doct. *Daniell* nimis subitum existimaret refrigerium, cl. *Döbereiner* talem excogitavit apparatum, in quo pro lubitu illud accelerari posset aut retardari. Vasculum cylindricum ex cupro confecit, extus inaurato, aethere pro parte replevit ac per cochleam operculo texit, per quod penetrabant thermometrum, cujus bulbus ad medium usque vasculum tendebat, atque duo tubi metallici inflexi. Alter, multis foraminulis, cribri instar, perforatus, ad medium usque fundum perveniebat. Per hunc affluebat aër aetheri. Alter, e duobus cruribus apertis com-

(*) Quart. Journ. of Sc. 1820, Jan. — Gilb. Ann. LXV. s. 189. — Meteorol. Essays a. observations by *J. F. Daniell* Lond. 1823. pag. 139 seqq.

(†) Vid. *Muncke* in Gehlers Wörterb. l. c. pag. 618.

compositus, aëri liberum ex vasculo exitum concedebat. Ut vero aër in apparatum duceretur, tubus, prius descriptus, communicabat cum longiore perpendiculari, cui appendebat extus thermometrum, aëris liberi temperaturam indicans. Ad hujus tubi finem antlia compressoria erat annexa, ita ut, hac agente, aër per tubum ad aetherem duceretur. Quum frigus hic dependeat ab aëris quantitate, quae per aetherem agitur, pro lubitu augeri vel minui potest, atque sic, affirmante auctore, facile invenitur punctum rorans (*).

Simplicior etiam est apparatus doct. *Cumming*; qui tamen cum annexo vacuo complicatur ad augendum frigus. Constat ex tubo vitreo cylindrico, qui a parte superiore et inferiore in cupreum processum elongatur et thermometrum subtile continet, cujus bulbus spongia, aetherem continenti, circumdatur. Si jam tubus ille cum vacuo quovis communicet, facillime procedit refrigeratio et extus condensabitur vapor (†).

Simplicissima autem hujus generis forma ea est, quam *Körner* in usum vocavit. Scil. ipsum thermometri bulbum cylindro metallico, extus inaurato, ab utraque parte aperto, cingere praecipit. Aetherem autem instillat per aperturam superiorem (§). Proposuit *Bohnenberger* cylindro metallico vitreum substituere, qui scil. non ita caloricum conducit, ut tota superficies praecipitato occupetur (**).

§. 75.

De tertia classe thermohygrometrorum.

Hujus classis hygrometra praecedentia simplicitate longe superant. Eorum auctores citantur *Adie*, *Körner*, *Jones* et *Brewster*.

De hygrometro quidem doct. *Adie*, dubitare possis, utrum ad hanc, an vero ad praecedentem classem sit referendum. Hic enim auctor, contendens, diversam esse diverso loco temperaturam, in interiore parte hygrometri doct. *Daniell*, et sic thermometri interni indicationem fallacem evadere, huic errori mederi studuit. Interposuit ergo fluidum stratum, quod commoveri poterat, inter thermometrum et superficiem refrigerantem. Scil. thermometrum bulbo exiguo in globum aut vasculum introduxit, ex atro vitro confectum. Spatium inter utrumque globum fere totum fluido implevit, quod humili modo temperatura congelatur. Bene conatitur fluidum, si observatio est instituenda, quae ut fiat, serico aetherem retinente extus investitur glo-

(*) Gilb. Ann. LXX. pag. 136.
(†) Quart. Journ. of Sc. Lit. a Art. New. Ser. No. VI. pag 402.
(§) Muncke l. c. pag. 620. *in nota.*
(**) Naturwissensch. Abhandl. 1828. herausg. von einer gesellsch. in Würtemberg 1828. Th. II, s. 264.

globus ater, ita ut nil nisi spatium ¼ poll. supersit, quod vaporem condensatum ostendat. Ita uniformem acquiri temperaturam affirmat (*). In hoc ergo instrumento revera quidem discreta est pars vaporem recipiens a thermometro. Veruntamen globus externus ipsius thermometri partem efficere merito dicitur, et praeterea evaporatio et praecipitatio in eodem plano locum habent, neque est illi sedes inter thermometrum et corpus, praecipitatum recipiens, prouti in praecedenti classe, ita ut jure hic locum occupet ejus descriptio.

Reliqua ex hygrometris citatis constituuntur solo thermometro, cujus tubus ita est incurvatus, ut bulbus in altum ducatur. Hic autem varia ratione in duas partes divisus est. *Körner* superiorem partem excavabat, ibique, aethere ad gossypium affuso, frigus producebat (†). *Brewster* per annulum cupreum bulbum seseparavit in duo hemisphaeria, quorum inferius praecipitatum indicabat, superius autem refrigerationem producebat. Antea quidem thermometrum solitum hac ratione annulo instruxerat. Quum vero tubus perpendicularis difficilem redderet aetheris affusionem, deinceps bulbum in altum duxit (§). Tandem nominandus est *Jones*, qui primum quidem *Körneri* methodum secutus est, dein vero novam excogitavit. Thermometri tubus bis ad angulum rectum est incurvatus; bulbus cylindricus, superiore parte aliquomodo dilatatus; convexitate ex vitro nigro instruitur, in qua observatur vapor condensatus. Inferior cylindri pars serico obtegitur, quod aetherem, frigus efficientem, recipit (**). Ex mente cl. *Muncke*, immutationes in hoc instrumento efficiendae sint. Proponit enim: *primo* quidem, semel modo tubum incurvare, ita ut cylinder positionem horizontalem acquirat, ne scil. vapor aethereus, altum petens, partem afficiat, quae vaporem hygrometricum condensat; *dein* vero ipsam hanc partem non ex vitro nigro separatim conficere tumque jungere cylindro, sed hujus finem inaurare, ita ut splendorem metallicum referat. Affirmat enim, intimam combinationem duarum vitri specierum in praxi admodum esse molestam (††).

§. 76.

De Tabulis doct. Daniell.

Ultimo loco in expositione nostra Thermohygrometriae dicendum est, quomodo vaporis hygrometrici quantitas ex puncto roranti observato fuerit deducta. Hunc in

(*) *Brewster* Edinb. Journ. of Sc. N. Ser. No. 1. pag. 60 conf. *Kämtz* in *Schweigger-Seidel's* Jahrb. der Chem. u Phys. 1829. B. II. s. 459.

(†) Gilb. Ann. LXX. pag. 139.

(§) Edinb. Journ. of Sc. No. VII. pag. 127.

(**) Phil. Trans. 1826.

(††) Gehlers Wörterb. l. c pag 622.

in finem tabulas effecit *Daniell*, ex 4 columnis compositas. Apposuit enim gradibus Fahrenheitianis, a 0 — 95, elasticitates vaporis aquei. Sic igitur ipsum punctum rorans immediate elasticitates vaporis hygrometrici exhibebat. Exinde vero ducenda erat vaporis densitas. Tertia columna pondus referebat pedis cubici vaporis, quarta denique hujus dilatationem per caloricum.

Elasticitatem vaporis petierat ex celebratis experimentis cl. *Dalton*, collatis iis cum recentioribus, a *Ure* institutis. Ut autem pondus inveniret pedis cubici vaporis, quod huic elasticitati et temperaturae aquae ebullientis respondebat, posuit rationem inter vaporem ad 212° *F* et 30 poll. Angl. esse ad aquam = 1 : 1700, pondus autem pedis cubici aquae, ad maximum densitatis, ex determinatione doct. *Rive*, 437272 gr. Hinc invenit, pedem cubicum vaporis, ad eandem illam temperaturam et pressionem, pondus habere 257,218 gr. Quum vero densitas vaporis sit in ratione directa pressionis, simplici proportione exinde derivatur pondus pedis cubici vaporis pro quavis elasticitate ad temperaturam aquae ebullientis. Quod ut ad debitam reducatur temperaturam, quarta inservit columna, quae innititur lege cll. *Dalton* et *Gay-Lussac*, de expansione vaporis praeter maximum densitatis, quae est $= \frac{1}{480}$ pro singulis gradibus Fahr. Ea ergo columna terminos continet, computatos ex formula $1 + m(t - 32)$, si m coëfficientem dilatationis, t gradum thermometricum indicet. Ut jam densitas ad debitam temperaturam reducatur, teneatur, eam esse in ratione inversa temperaturae ideo $= 1 + (t - 32)m : 1 + 180\,m$ (*).

§. 77.

De primis experimentis psychrometricis.

Absolvimus quae peracta fuerunt ad elasticitatem et densitatem vaporis hygrometrici, ratione fere directa, determinandam. Jam accedimus ad ea enarranda, quae ad indirectam problematis solutionem, ex frigore evaporationis, fuere tentata. Haec autem ab initio inde repetamus. Itaque, antequam ipsam eorum expositionem aggredimur, paucis memorabimus, quaenam experimenta ansam dederint psychrometris conficiendis.

In Anglia psychrometriae origo quaerenda est. *Hutton* refert, quomodo, anno jam 1788, aëris humiditatem exploraret per thermometrum madidum. Hoc enim instrumentum, in tubo vitreo, hermetice clauso collocatum, ea positione servabat, qua optime atmosphaerae acquireret temperaturam. Dein immergebat illud in exiguam aquae quantitatem, quae item aëris temperaturam ostendebat, tamque exponebat evaporationi in atmosphaera, tubi finem, quo thermometri bulbus continebatur, vento op-

(*) Meteorol. Ess. a. Obs pag 153.

opponens. Observabat ita, ad quamnam temperaturam evaporatio in tubo vitreo thermometrum perduceret (*).

His experimentis motus fuit *Leslie*, ut similem viam iniret, poneretque doctrinae nostrae principia. Hoc autem loco recensemus tantum, quae tentarit, antequam de industria hoc argumentum agitaret. Per duos igitur annos in usum meteorologicum adhibuit thermometrum perquam sensile, in decimas graduum partes divisum, quod per apparatum peculiarem differentiam exhibebat inter temperaturam initialem et insequentem. Collocabat illud in exiguo poculo, quod forma et volumine ovum columbinum referebat, eratque paratum ex argilla perquam porosa, fere spongiosa, aquam facile admittente (*bibulous*). Poculum autem implebat aqua et libere appendebat filo sericeo. Ita, aqua trans poros evaporata, deprimebatur thermometrum, quod auctori erat humiditatis mensura (†).

§. 78.

De Psychrometris.

Pervenimus ad expositionem instrumentorum, quae ad frigus evaporationis determinandum excogitata fuere. Jam antea diximus, ea ita esse simplicia, ut nihil fere nisi thermometra postulent. Haec autem idonea ratione ad usum nostrum adornarunt cell. *Leslie*, *Lüdicke*, *Blackadder* et *August* (§).

Leslie quidem, ulterius elaborans in experimentis, de quibus praecedenti § actum fuit, Thermometrum differentiale, cujus inventionem sibi vindicat, etiam usu hygrometrico adhibuit. Constat instrumentum ex tubo vitreo, incurvato fere ad formam literae U, ad cujus utrumque finem globus adest vitreus. His continetur aër, tubo autem acidum sulphuricum, colore rubro tinctum, quippe liquor ponderosus, nec evaporationem iniens. Si jam uterque globus eandem habeat temperaturam, erit liquor in quiete. Si vero alteruter calefiat, aëris elasticitas augebitur et liquor ab hac parte descendet. Ut ergo scala huic instrumento apponatur, cum reliquis thermometris comparabilis, uterque globus ad eandem temperaturam perducitur. Liquoris status scalae initium tum indicabit. Deinde alteruter 10 gradus vel calefit, vel refrigeratur. Annotatur denuo liquoris status et spatium percursum in 100 gradus dividitur. Quum ergo singuli gradus hujus instrumenti $\frac{1}{10}$ gradui thermometrico respondeant, propter insignem aëris dilatabilitatem, minutissimas indicabit temperaturae immutationes. Ut jam in psychrometrum convertatur, bulbus alter panno madido in-

(*) Transact. of Edinb. I. 1788. et *Gren's* Journ. IV. s. 413. cf. *Daniell* Meteor. Essays pag. 199.
(†) *Nicholson* Journ. of Nat. Phil. Vol. III. pag 461 et 518. cf. *Gilbert* Ann. V. pag. 235.
(§) Vid. Tab. VI. figg. 34—36.

investitur, cui aqua ope fili continue adducitur ex lagena, paulo altius posita (*).

Alterum hujus generis instrumentum a *Lüdicke* fuit propositum. Ad eandem scalam duo thermometra, subtilitate sua praeclara, juxta se invicem perpendiculariter affixit. Alterum indicandae aëris temperaturae, frigori evaporationis alterum inserviebat. Hujus ergo tubus inflectebatur, ita ut bulbus altum peteret, qui praeterea a parte superiore excavatus erat ad aquam recipiendam, quae evaporatione refrigescebat. Erat autem, una cum scala sua, mobile, ita ut, si sursum quidem ageretur, uterque bulbus se tangeret, si vero deorsum, hi magis a se invicem discederent. Observatio jam instituebatur, postquam aqua alteri thermometro affusa erat, bulbis a se invicem remotis (†).

Huic simile est hygrometrum, quod *Blackadder* describit, atque *atmizomicum* appellavit. Constat enim ex duobus thermometris subtilibus, ex spiritu vini factis, una scala junctis. Alterius bulbus linteo tenuiori obvestitur, inque illum continuo stillat aqua, penicelli ope ex lagena ducta. Simul autem artificiose hoc instrumentum ita paravit, ut statum servaret, quem determinato tempore habebat. Sic quemnam, absente observatore, gradum ostendisset, cognosci poterat. Illud vero fuse describere nostro scopo inutile habeo (§).

Cel. physico Berolinensi *August* debetur recentissimum hujusmodi hygrometrum, quod, quum ab auctore omnium primo *psychrometrum* dictum fuerit, per excellentiam hoc nomen retinuit. Est idem et omnium simplicissimum. Duo thermometra subtilissima, ita ut $\frac{1}{10}$ partes graduum Reaum. facile appareant, pendent ab ansa cuprea, quae ligneo sustentaculo retinetur. Hoc autem septum habet, quod thermometra a se invicem separat. Alterum eorum a parte inferiore linteo tenui cingitur, aquam retinente. Addidit auctor huic instrumento apparatum, qui tamen non in omni ejus psychrometro deprehenditur, ad aquam bulbo adducendam. Scil. in inferiore sustentaculi parte vasculum adest vitreum, munitum tubo, quodammodo inflexo, superiora versus tendenti, in quo spongia adest, bulbo aquam advehens. Altera praeterea in vasculo est apertura, quae inservit novae, post evaporationem, aquae affundendae (**).

§. 79.

(*) *Nicholson* Journ. Vol. III. *Gilbert's* Ann. V. et *Leslie* Kurzer Bericht von Versuchen u. Instrum. die sich auf das Verhalten der Luft zur Wärme u. Feuchtigkeit beziehen. übers von *H. W. Brandes* Leipz 1823.

(†) *Gilbert's* Ann. X. pag 16.

(§) Phil. Trans. of the royal Soc. of Edinb. Tom. X. Edinb. New. Phil. Journ. No. II. pag 239.

(**) *Gilbert's* Ann. LXXXI. pag. 69.

§. 79.

De Meritis cl. Leslie *in psychrometri theoriam.*

Praecipua psychrometriae quaestio est: quomodo ex evaporationis frigore observa-o solvatur problema hygrometricum. Duplici ratione, uti jam supra monuimus, hoc tentarunt Physici: vel ope theoriae calorici latentis, vel evaporationis. Ab illis incipiemus.

Primus omnium memorandus est *Leslie*, qui, postquam satis diu perrexerat in tentaminibus a nobis expositis (§. 77.), de industria hoc argumentum aggressus est et egregie illustravit cum experimentis, tum theoria sua calorici latentis.

Quoad experimenta, primus docuit, diversum evaporationis frigus non ab aëris motu, aliisve causis dependere, sed unice determinari per aëris humiditatem. Hanc autem legem probavit ope hygrometri, quod supra descripsimus.

Quoad theoriam, ex physicae recentioris eam quaesivit principiis, statuens, continua evaporatione aequilibrium oriri inter caloricum, quod latens reddit vapor et quod huic cedit aër. Deinceps posuit, quamvis aëris particulam, quum calorici suprapondium perdat, tantum aquae dissolvere, (theoriam enim chemicae vaporis in aëre solutionis etiamnunc amplectitur) quantum ad saturationem requirit; dum vapor calorici portionem sorbet, huic quantitati proportionalem atque necessariam, ut maneat aëriformis. Quum vero vaporis quantitas, quae etiamnunc dissolvi potest, pendeat ab ea, quae jamjam soluta erat, concludit auctor, frigus evaporationis accurate metiri aëris siccitatem. Addit, hanc theoriam immunem esse ab omni hypothesi, de ratione, qua locum habet evaporatio, si modo concedatur, caloricum eodem tempore ad vaporem adduci, quo dissolvitur aqua.

Si jam appelletur γ capacitas calorici, quam habet aër ratione aquae, et λ caloricum vaporis latens, quivis hygrometri gradus declarabit, unam aëris partem eam calorici quantitatem liberasse, quae $\frac{\gamma}{\lambda}$ partes aquae in vaporem redigere possit. Si igitur differentia psychrometrica sit Δ graduum, $\frac{\Delta\gamma}{\lambda}$ partes aquae vaporis formam assument. Ponit autem *Leslie* $\lambda = 600°$ *C* i. e. $= 6000°$ thermometri differentialis, $\gamma = \frac{3}{8}$, unde formula oritur $\delta = \frac{\Delta}{16000}$, si δ sit quantitas vaporis, quam aër recipere potest.

Si quidem glacies bulbum cingat, erit λ $\frac{1}{7}$ major, eam scil. calorici quantitatem, quam ligat lacies, dum in aquam mutatur. Erit ergo $\delta = \frac{7\Delta\gamma}{8\lambda} = \frac{\Delta}{18286}$. Ulte-

terius autem non procedit auctor, ut vel elasticitatem, vel densitatem vaporis hygrometrici determinet (*).

§. 80.

De experimentis et formulis cel. Gay-Lussac *circa frigus evaporationis in aëre sicco.*

Licet proprie nostro scopo haec experimenta non fuerint instituta et ipse adeo auctor neget, ea facile ad hygrometriam ducere posse, hic tamen locum obtinere merentur, quum vera jecerint fundamenta, quibus theorias suas superstruxere cll. *August* et *Ivory*.

Eadem ratione, qua *Leslie*, cel. *Gay-Lussac* primo loco statuit, frigus evaporationis in aëre quocunque, perfecte sicco, maximum suum attigisse, ubi caloricum, vapore absorptum, aequale est illi, quod aër perdit, ut cum eo in aequilibrio ponatur et temperaturae, et pressionis. Huic accedit quidem caloricum, radiatione ex corporibus vicinis superficiei, quae evaporatur, affusum. Hoc autem minus est, quam ut in computum redigi possit.

Si ergo ponantur:

λ caloricum vaporis latens $= 550°$ *C*

γ calorici capacitas aëris, ad aquam relata.

c vaporis densitas ratione aëris, tamquam unitatis, $= \frac{10}{16}$

b aëris pressio

t ejusdem temperatura

t' gradus post evaporationem

e' elasticitas vaporis, quae maximum sistit ad t'

erit

$$e'c\lambda = \gamma\,(b - e')\,(t - t')$$

Hanc autem theoriam confirmavit experientiâ. Directe enim determinavit temperaturae imminutionem, quam patitur aër siccus, adductus ad thermometrum mercuriale, humido linteo (*tissu de batiste*) obvestitum. Aër autem, ex gazometro pressione constanti profectus, antea per tubum ducebatur, chlorureto calcii impletum. Hinc alterum intrabat tubum, in quo attingebat thermometrum, ejus temperaturae indicandae destinatum. Dein, 5 centimetris abhinc, alterum erat thermometrum cum superficie humida, quam ab omni parte circumdabat aër. Tandem libere in atmosphaera dispergebatur, nullam pressionis mutationem subiens. Quo citius ad tempera-

(*) *Nicholson* Journ. of Nat. Phil. V. III. p. 461 et 518. m. Jul. A. 1799 Conff. *Gilb.* Ann. V. p. 235. et *Leslie* Kurzer Bericht cett. l. c.

raturam suam perveniret thermometrum, antea refrigeratum fuerat ad terminum fere, quo consistere debebat, ac dein suo loco in tubo ponebatur (*).

Experimenta, ita instituta, satis bene probarunt calculum cel. Auctoris. Ea autem hoc loco adducere, superfluum habeo, quum non nisi mediate ad argumentum nostrum pertineant.

§. 81.

De Theoriis cll. Ivory *et* August.

Theoriae cll. *Ivory* et *August*, ex iisdem fere principiis ductae, sibi adeo conveniunt, ut simul hic locum obtinere optime videantur. Uterque admisit, quam exhibuerat cl. *Gay-Lussac*, theoriam de evaporationis frigore in aëre sicco, eamque aëri humido applicavit. Aequationi ergo, praecedenti § expositae, additus est terminus, ex vapore hygrometrico ducendus, quam *Gay-Lussac* tuto omiserat.

Cl. *Ivory* sequenti modo rem sibi proponit. Primum quidem explorat, quaenam sit ante evaporationem aëris et vaporis hygrometrici densitas. Hanc autem, una cum differentia psychrometrica determinare densitatem vaporis formabilis, eadem fere ratione qua *Leslie*, statuit. Deinceps aëris atque vaporis conditionem, evaporatione facta, considerat, ponitque maximum saturationis adesse, et sic ipsum psychrometrum reddere vaporis elasticitatem. Tandem concludit, inter densitatem aëris ante refrigerium atque summam densitatum vaporis hygrometrici, novique, refrigerio formabilis, eandem esse rationem, quae inter aërem et vaporem, qui psychrometrum immediate cingunt.

Si ergo literis sequentia designantur:

u pondus aëris sicci ad pressionem 28 poll. $= n$ et 0° C.
c densitas vaporis aquei ratione aëris
m coëfficiens dilatationis corporum aëriformium
γ specifica capacitas calorici aëris
$\varkappa$ eadem capacitas vaporis aquei
λ caloricum latens vaporis
b status aëris barometricus
t ejusdem temperatura
t' punctum psychrometricum
e' quae huic convenit, vaporis elasticitas
x elasticitas vaporis hygrometrici

huc

(*) Ann. de Chim. et de Phys. 1822. Tom. XXI. pag 82.

huc redeunt termini, quos *Ivory* computavit:

1°. Pondus pedis cubici aëris a et vaporis v antequam evaporatio facta est:

$$\frac{u}{1+mt} \times \frac{b-x}{n} + \frac{eu}{1+mt} \times \frac{x}{n} = a + v$$

2°. Quantitas vaporis v', quae generari potest, si aqua caloricum absorbeat, per refrigerationem massae $a + v$ a t ad t' liberatum

$$\left(\frac{u\gamma}{1+mt} \times \frac{b-x}{n} + \frac{cux}{1+mt} \cdot \frac{x}{n}\right) \frac{t-t'}{\lambda} = v'$$

3°. Pondus pedis cubici aëris A et vaporis V, peracta evaporatione,

$$\frac{u}{1+mt'} \times \frac{b-e'}{n} + \frac{cu}{1+mt'} \times \frac{e'}{n} = A + V$$

Jam vero, ex opinione nostri auctoris, est

$$\frac{a}{v+v'} = \frac{A}{V}$$

ex qua aequatione, substitutis ipsis terminorum valoribus, invenitur

$$x = \frac{1 + \frac{\gamma}{c\lambda}(t-t')}{1 + \left(x - \frac{\gamma}{\delta}\right)\left(1 - \frac{e'}{b}\right)\frac{t-t'}{\lambda}} e' - \frac{\frac{\gamma}{c\lambda}(t-t')}{1 + \left(x - \frac{\gamma}{\delta}\right)\left(1 - \frac{e'}{b}\right)\frac{t-t'}{\lambda}} b \ (*)$$

Recentius cl. *August* simili ratione hoc argumentum tractavit (†). Primum quidem empirica utebatur methodo: observarat enim differentiam psychrometricam fere dimidium esse thermohygrometricae, et sic illam ad hanc reducere studebat. Dein vero sequentem hypothesin, de aëris et vaporis conditione post evaporationem, substravit calculo suo. Stratum, quod thermometri bulbum cingit, ex vapore constat et aëre. Vapor est ad maximum densitatis. Temperatura ergo psychrometri simul ejus exhibet elasticitatem. Constat autem ex vapore hygrometrico et ex novo, qui ex aqua fuit formatus. Illius quidem elasticitas terminus est, qui quaeritur, hujus autem est ejusdem complementum ad elasticitatem, quae temperaturae psychrometri respondet. Novus vapor formatus fuit, ligato calorico aëris et vaporis hygrometrici, nihil enim provenit amplius a bulbo thermometri, postquam temperatura fixa evasit, i. e. ubi punctum psychrometricum obtinet. Refrigerium ipsum illius mensuram praebet. Caloricum ergo, quod aër perdidit, una cum eo, quod ex vaporis refrigerio provenit, aequale est calorico, ab aqua absorpto, ut in vaporem convertatur.

Sic ergo ratiocinatus, in formulam redegit caloricum:

1°. quod refrigeratione ex aëre solvitur

$$\frac{b-e'}{n}$$

(*) Phil. Mag. Tom. LX. cf. *August* in Gilb. Ann. LXXXI. Maxime doleo, mihi non contigisse ipsum adhibere auctoris tractatum, ita ut quae ex formula sua duxerit, exponere nequeam.

(†) Gilb. Ann. V. 81. p. 69. et V. 90. p. 140.

$$\frac{b - e'}{n} \times \frac{u}{1 + mt'} \times \gamma\,(t - t') = A$$

2°. quod perdit vapor, aëre contentus:

$$\frac{x}{n} \times \frac{cu}{1 + mt'} \times \varkappa\,(t - t') = B$$

3°. quod ligavit vapor aqueus, dum formabatur:

$$\frac{e' - x}{n} \times \frac{cu}{1 + mt'}\,\lambda = C.$$

Quum vero sit $A + B = C$, aequatio habetur, ex qua x solvi potest. Hinc invenitur

$$x = \frac{1 + \frac{\gamma}{c\lambda}(t - t')}{1 + \frac{\varkappa}{\lambda}(t - t')}\,e' - \frac{\frac{\gamma}{c\lambda}(t - t')}{1 + \frac{\varkappa}{\lambda}(t - t')}\,b$$

Ut autem hanc formulam in usum practicum convertat, valorem calorici specifici, quod est aëri et vapori aqueo, ex experimentis cl. *Biot*, caloricum autem latens vaporis, ejusque densitatem, ratione aëris sicci, ex experimentis cl. *Gay-Lussac* determinavit. Hinc igitur est

$$\gamma = 0{,}2669$$
$$\varkappa = 2{,}8470$$
$$\lambda = 550^\circ\ C$$
$$c = 0{,}62349$$

unde formula evadit:

$$x = \frac{e' - 0{,}00077832\,(b - e')\,(t - t')}{1 + 0{,}005177\,(t - t')}\ (*)$$

quum vero differentia psychrometrica vix ad 20° C perveniat, poni poterit

$$x = e' - \frac{0{,}00077832\,(t - t')}{1 + 0{,}005177\,(t - t')}\,b$$

vel simplicius etiam

$$x = e' - 0{,}00077832\,(t - t')\,b$$

quae ergo approximatio satis accurata est usui meteorologico. In ea quidem temperatura determinata est ex scala centigrada. Si vero aliae scalae admittantur et simul pressio constans aëris in denominatore ponatur, sequentes reductiones oriuntur ex computo cl. *Bohnenberger* (†)

$x =$

(*) Errore nimirum habet Auctor in denominatore 0,00154, loco 0,005177.

(†) Naturwiss. Abh. herausg. von einer Gesellsch. in Würtemberg, II. pag. 179.

$$x = e' - \frac{0{,}01244\ (t - t')\ b}{28{,}776}\ \text{Grad. Fahr. et poll. Angl.}$$

$$x = e' - \frac{0{,}02800\ (t - t')\ b}{28{,}776}\ \text{Grad. Reaum. et poll. Angl.}$$

$$x = e' - \frac{0{,}315\ (t - t')\ b}{324}\ \text{Grad. Reaum. et lin. Paris.}$$

Si denique glacies cingat thermometri bulbum, ex theoria calorici latentis, coëfficiens differentiae psychrometricae multiplicandus est per 0,88.

§. 82.

De formulis cel. Anderson.

Aliam viam ingressus est cel. *Anderson*, ut formulas construeret, per quas ex differentia psychrometrica peteretur vaporis hygrometrici elasticitas. Evaporationis enim theoriam secutus est, quam mathematice ad usum nostrum adaptavit et empirice illustravit.

Experimentis docuerat *Dalton*, evaporationis quantitatem esse in ratione directa differentiae elasticitatum vaporis, qui ex aqua exsurgit, et qui aëre continetur, ita ut sit:

$$M : m = E : e' - x$$

ubi M est quantitas evaporationis normalis ad 100° C
m quantitas evaporationis ad t'
E vaporis elasticitas ad 100°
e' eadem ad t'
x vaporis hygrometrici elasticitas.

Quum vero differentia psychrometrica sit functio quantitatis evaporationis, sequitur eam et functionem esse differentiae illarum elasticitatum

$$\Delta = F\ (m) = F\ (e' - x)$$

Mathematica serie hanc functionem evolvit

$$\Delta = A\ (e' - x) + B\ (e' - x)^2 + C\ (e' - x)^3 + \ldots\ldots\ldots\ldots$$

Est autem $e' - x$ in omni observatione quantitas perexigua, ideoque approximative satis accurata erit aequatio

$$\Delta = A\ (e' - x) + B\ (e' - x)^2$$

Duplici autem ratione hanc aequationem solvit.

1°. Immediate invenit

$$x = e' + \frac{A}{2B}\left(1 \mp \sqrt{\left(1 + \frac{4B}{A^2}\Delta\right)}\right)$$

in qua aequatione, ob rei naturam, non nisi signum negativum admitti potest. Erit ergo

$$(1) \ldots x = e' + A'(1 - \sqrt{(1 + B'\Delta)})$$

2°. Approximative initio secundam seriei potestatem neglexit, unde habetur

$$\Delta = A(e' - x)$$

$$\text{et } (e' - x)^2 = \frac{\Delta}{A}(e' - x)$$

qui valor, in aequatione nostra substitutus, hanc immutat in

$$\Delta = (A + \frac{B}{A}\Delta)(e' - x)$$

Hinc sequitur $$(2) \ldots x = e' - \frac{\Delta}{A + \frac{B}{A}\Delta}$$

Ut jam constantes determinet, sponte intelligitur unam adesse viam, empiricam scil. Hanc autem ingressus, psychrometrum una cum hygrometro balaenato cl. *De Luc* observavit, ex hujus autem gradu elasticitatem vaporis hygrometrici determinavit per experimenta cl. *Du Long*, quae suo loco exhibuimus.

Sic igitur invenit, esse in prima aequatione $A = 34{,}75$ $B = 3{,}113$ in altera $A = 36$ $\frac{B}{A} = -\frac{1}{10}$. Itaque formulae oriuntur pro gradibus Fahr.

$$(1) \ldots x = e' + 5{,}586\,(1 - \sqrt{(1 + 0{,}0103\,\Delta)})$$

$$(2) \ldots x = e' - \frac{\Delta}{36 - \frac{1}{10}\Delta}$$

Tandem vero indagavit: num aëris densitas ad differentiam psychrometricam faceret? Itaque experimenta instituit sub antlia pneumatica, quibus evicit, eam differentiam esse in ratione inversa pressionum, unde formulae nostrae, ad constantem pressionem $n = 30$ poll. reductae, evadunt

$$\Delta = A\,\frac{n(e' - x)}{b} + B\,\frac{n(e' - x)^2}{b}$$

Est ergo

$$(1) \ldots x = e' + A\left(1 - \sqrt{\left(1 + \frac{bB'\Delta}{n}\right)}\right) = e' + 5{,}586\,(1 - \sqrt{(1 + 0{,}0034\,b\Delta)})\ (^*)$$

$$(2) \ldots x = e' - \frac{b\Delta}{n(A + \frac{B}{A}\Delta)} = e' - \frac{\frac{1}{6}\,b\Delta}{180 - \frac{1}{2}\Delta}\ (\dagger)$$

§. 83.

(*) Hanc quidem formulam non exhibuit auctor. Facillime autem ex praecedenti derivatur.

(†) Edinb. Phil. Journ. Vol. XII. pag. 248. Vol. XIII. pag. 224.

§. 83.

De praecedentibus formulis per thermohygrometriam illustratis.

Postquam ita increverat psychrometrorum fama, ut cum thermohygrometris de palma contenderent, suscepit clar. *Bohnenberger* his uti, quo illorum indicationem illustraret. Novas quidem formulas non excogitavit, illud autem egit: ut denuo constantes determinaret, in formulis cell. *August* et *Anderson*. Hunc in finem observationes meteorologicas adhibuit, de aëris humiditate, institutas illas cum hygrometro doct. *Daniell*, ex recentiori methodo exp. *Greiner* confecto, nec non cum psychrometro. Posuit autem thermohygrometrum sine vitio exhibere punctum rorans ideoque et vaporis hygrometrici elasticitatem.

Ipsas quidem observationes satis numerosas hic adducere non necesse habeo, quas autem ex iis ducit auctor conclusiones exponemus.

Primum quidem emendavit rudiorem illam regulam cel. *August*, esse differentiam psychrometricam dimidium thermohygrometricae. Docuit enim, eam valere modo temperatura elevatiori, dum humiliori differentia thermohygrometrica $2\frac{1}{2}$ vices quin ter excedat psychrometricam. Ex observationibus sequentem effecit tabulam pro gradibus Reaumurianis:

Temp. aëris.	Diff. psychr.	Diff. thermohygr.
24	10	18,75
20	7	15,00
15	5	10,29
10	4	9,74
5	3	8,91
0	2	7,29

Deinceps cl. *Bohnenberger* perrexit thermohygrometrum cl. *Daniell* comparare cum psychrometro studuitque hac ratione formulam approximativam illustrare, quam ex theoria calorii latentis deduxerat *August*.

$$x = e' - \frac{\gamma b}{c\lambda}(t - t')$$

Po-

Posuit in ea $\frac{\gamma b}{c\lambda} = A$, ideoque

$$x = e' - A(t - t')$$

Ut igitur hac in formula determinet A, deduxit x ex observato puncto roranti in hygrometro doct. *Daniell* per tabulas cl. *Dalton*, unde etiam e' derivabat, cognito puncto psychrometrico t'. Ita contulit suas observationes cum formula et confirmavit, quod haec indicat, esse $\frac{e' - x}{t - t'}$ terminum fere constantem $= A$. Primum quidem ex 56 observationibus determinavit $A = 0{,}0114$; dein vero, ipsum psychrometrum, ab exp. *Greiner* confectum, nactus, ex 45 observationibus, diverso tempore institutis, deprehendit esse $A = 0{,}011398$. Hi ergo valores prorsus iidem habendi sunt; mirum autem est dictu, quam accurate hac in causa sibi conveniant singulae observationes, quod quo melius pateat, exempli loco sequentem hic adducimus tabulam, ex quibus petitus fuit A. Terminos ea medios refert, quos diversae observationum series praebuere. Prima columna dies indicat, quibus observationes factae fuere, altera diversos valores coëfficientis A, tertia numerum observationum, ex quibus hi derivati sunt:

M. Majo.	Coëff. $t - t'$	Numerus obss.
13	0,01147	5
14	0,01164	5
15	0,01145	5
16	0,01001	5
19	0,01144	6
21	0,01085	2
24	0,01136	2
25	0,01169	8
26	0,01120	5
29	0,01207	6

Ponit autem ille valor aëris pressionem = 27 poll. Paris. Ut ad eandem reducantur observationes, alio barometri statu factae, observandum est, esse A in ratione presio-

sionum barometricarum. Hinc ergo concludit auctor ad sequentes formulas

$$x = e' - \frac{0{,}0114\,(t - t')b}{28{,}776} \text{ Grad. Fahr. et poll. Angl.}$$

$$x = e' - \frac{0{,}02565\,(t - t')b}{28{,}776} \text{ Grad. Reaum. et poll. Angl.}$$

$$x = e' - \frac{0{,}289\,(t - t')b}{324} \text{ Grad. Reaum. et lin. Paris.}$$

Eadem ratione similem adhibuit seriem observationum, a cl. *Bürg* institutarum cum thermohygrometro et psychrometro, ut exinde coëfficientem A determinaret. Quoad ipsas observationes, animadvertendum est, vaporem praecipitatum fuisse non ad globum vitreum, sed ad vasculum metallicum inauratum. Quoad conclusionem, a cl. *Bohnenberger* ex iis factam, ex 20 observationibus, selectis illis tamquam maxime accuratis, invenit, pro barometri pressione $=$ 27 poll. Paris., $A = 0{,}01303$. Hinc igitur petuntur formulae

$$x = e' - \frac{0{,}01303\,(t - t')b}{28{,}776} \text{ Grad. Fahr. et poll. Angl.}$$

$$x = e' - \frac{0{,}02931\,(t - t')b}{28{,}776} \text{ Grad. Reaum. et poll. Angl.}$$

$$x = e' - \frac{0{,}330\,(t - t')b}{324} \text{ Grad. Reaum. et lin. Paris.}$$

Haec quidem dicta sunto de ratione, qua noster auctor formulas cl. *August* tractavit. Easdem autem observationes applicavit et alteri formulae cl. *Anderson*.

$$x = e' - \frac{b\Delta}{n(A + \frac{B}{A}\Delta)}$$

Hanc igitur ut illustraret, eandem viam, quam ipse *Anderson*, ingressus est, nisi quod hygrometrum doct. *Daniell* balaenato substitueret, ut elasticitatem vaporis hygrometrici detegeret.

Sic formulam effecit

$$\Delta = \frac{36{,}78\,(e' - x)}{0{,}568 + e' - x} \quad (*)$$

Hic quidem auctor substitit. Ut autem formulae analogia cum praecedenti pateat, facile hinc derivatur

$$x = e' - \frac{0{,}568\,\Delta}{36{,}78 - \Delta}$$

(1) Naturwiss. Abh. II. 169 seqq.

et, si ad pressionem atmosphaerae attendamus, quae fuit 28,776 poll. Angl.

$$x = e' - \frac{0,568\ b\Delta}{28,776\ (36,78 - \Delta)} = e' - \frac{0,0966\Delta}{180 - 4,894\Delta}$$

Facile autem invenitur, hic esse

$$A = 64,75,\ \frac{B}{A} = -1,76$$

§. 84.

De opera doct. Baumgartner, *in argumento nostro illustrando.*

In expositione methodi nostrae historica, ultimo loco dicendum putavimus de iis, quae ad illustrandum hoc argumentum peregit cl. *Baumgartner* (*). Hic enim a posteriori dijudicare studuit instrumenta nostra, nec non, quae huc pertinent, nonnullas formulas. Videantur igitur ea ad conclusionem quandam ducere posse de ipsius methodi pretio. Neque de hac tantum egit auctor, sed et comparationem instituit ipsius cum praecedenti, ita ut ratiocinio suo hygrometra nostro aevo celebratissima comprehenderet.

Scil. scopo meteorologico observarat, a 23 Jul. ad 1 Oct. usque, psychrometrum una cum thermohygrometro et hygrometro capillari cl. *Bürg*, annotatis simul aëris temperatura et pressione, nec non fide, quae singulis observationibus competebat, de quibus observationibus antea jam pauca diximus (pag. 89). His autem applicatae sunt formulae cll. *Anderson* et *Meikle*, nec non tabulae cl. *Biot* de hygrometro capillari, ulterius extensae a doct. *Winkler* (†).

Hac materia potitus, comparavit cl. *Baumgartner*:

1. thermohygrometrum cum psychrometro
2. psychrometrum cum hygrometro capillari
3. thermohygrometrum cum hygrometro capillari.

De singulis videamus.

Quoad 1. Ex utraque formula cl. *Anderson*

$$x = e' - 5,586\ (1 - \sqrt{(1 + 0,0103\Delta)})$$

$$x' = e' - \frac{b\Delta}{1080 - 3\Delta}$$

medium terminum reduxit ad temperaturam, a thermohygrometro indicatam t'', ope formulae

$$\phi = \frac{x + x'}{2\ (1 + 0,002086\ (t - t''))}$$

Hanc

(*) *Baumgartner* und *v. Ettingshausen* Zeitschr. für Phys. u. Mathem. IV. 50. Wien 1828.

(†) Tafel, um Hygrometerstände etc. auf jede beliebige Normal-temperatur zu reduciren. Leipzig 1826.

Hanc autem elasticitatem comparavit cum ϕ', i. e. elasticitate, quae, juxta tabulas cll. *Biot* et *Kämtz*, respondebat puncto roranti. Sic invenit, initio esse ϕ paulo minorem quam ϕ', dein vero nunc hanc excedere, nunc illam. Generatim ex 68 observationibus, 46 ϕ majorem et 22 minorem quam ϕ' ostendebant. Maxima differentia erat 0,0591.

Quoad reliquarum observationum computum:

in 6 differentia erat inter . . . 0,04 et 0,05
in 8 . . . . 0,03 et 0,04
in 5 . . . . 0,02 et 0,03
in 19 . . . . 0,01 et 0,02
in 29 differentia minor erat quam 0,01.

Ita ergo sibi conveniunt utraque agendi ratio, ut ad eandem fere conclusionem ducant.

Quo vero magis utramque methodum inter se compararet, aequationes adhibuit, quibus punctum psychrometricum ad rorans reduci poterat. Duplex autem hujusmodi exstat formula. Altera a cl. *Meikle*, nescio qua ratione, ex computo cel. *Ivory* ducta est, altera per regulam, a cl. *August* exhibitam, acquiritur. Sunt eae:

$$(1) \ldots t'' = t - \frac{\Delta(\Delta + 44)}{t' + 14,4} \text{ Grad. Reaum.}$$

$$(2) \ldots t'' = t - 2\Delta$$

Concludit autem auctor ex observationibus memoratis, illam formulam huic praecellere. Maxima tamen ejus differentia est 2,05. Fere enim non unum gradum attingit.

Quoad 2. Ut compararet thermohygrometrum cum hygrometro capillari, computat, ex utriusque instrumenti gradu, ipsum gradum saturationis, aut, quam vocat, *relativam vaporis elasticitatem*. Hunc in finem formulas adhibuit

$$(1) \ldots h' = \frac{x + x'}{2e'} 100$$

$$(2) \ldots h' = \frac{hE}{E'} (1 + 0,00468 (t - 8))$$

In quibus h' gradum saturationis indicat
x vaporis hygrometrici elasticitatem ex prima formula cl. *Anderson*
x' eandem ex altera hujus formula
e' maximum elasticitatis ad punctum psychrometricum
h gradus ad quem h' pervenit, si simpliciter a t ad 8° R. refrigeretur
E maximum elasticitatis ad 8° R.
E' idem ad t.

Prima quidem formula gradum saturationis vaporis hygrometrici exhibet, ex psychro-

chrometro, altera vero eundem ex hygrometro capillari deductum. Hic sequenti ratione obtinetur. Si t ad 8° R. descendit, invenitur ex tabula doct. *Winkler*, pervenire h' ad h; et vaporis hygrometrici elasticitas e pervenit simul ad $\frac{e}{1 + 0{,}00468\,(t - 8)}$.

Est autem
$$e = h'E'$$
$$\frac{e}{1 + 0{,}00468\,(t - 8)} = hE$$
et hinc immediate formula supra memorata, eliminato e, derivatur.

Ex comparatione, sic facta, patet, non bene congruere haec instrumenta. Etenim differentiae ad 33,9 usque increscunt. Quum vero quadrent inter se Psychrometrum et thermohygrometrum, concludit *Baumgartner*, errorem esse adscribendum hygrometro capillari.

Quoad 3. Ut denique thermohygrometrum cum hygrometro capillari comparet, punctum rorans ex hujus indicatione derivat, quod facile fit, cognito effectu calorici in instrumentum. Eo scopo adhibuit tabulas jam citatas, quas doct. *Winkler* computavit. Ex hac autem comparatione eandem conclusionem derivat, quam ex praecedenti, scil., non bene inter se convenire instrumenta. Similiter hunc errorem attribuit hygrometro capillari.

Concludit ergo, neque cum psychrometro, neque cum thermohygrometro convenire hygrometrum capillare; illa vero instrumenta ita inter se quadrare, ut utrique eadem fides sit concedenda.

PARS CRITICA.

§. 85.

Dijudicatio methodi principii.

Quodsi generatim methodi nostrae principium cum praecedentibus comparemus, patebit, illud unice viam sequi, quae in genuina physica est calcanda, ut scilicet ea adhibeat artis adminicula, quorum rationem reddere valeat. Quum enim materiam alienam observatori non obtrudat, liber doctrinae campus, quem pervagetur, apertus est. Sic ergo, quod de psychrometria imprimis valet, et Methodus magis magisque perficietur, et sua vice ipsam perficiet doctrinam. Non enim absurdum sit, statuere, siquidem calorici latentis qualitates ulteriorem per ipsam evaporationem lu-

lucem accipere possint, huc et suum collaturam esse observationem frigoris, quod inde existit.

Quod autem speciatim attinet methodi principium, quae scil. ex temperatura vaporis, ad maximum perducti, conficit hygrometriam, animadvertendum est, illud factis minus inhaerere, quam legibus et theoriis physicis. At vero leges quidem innituntur experimentis, quorum errores et ipsae admittunt; theoriae autem nil nisi rationem referunt, qua facta menti proponimus, novisque factis tamquam vacillantes, dubiae, quin omnino falsae, denunciari possunt. Itaque et hujus methodi principium non omni dubio caret; attamen adeo arcte cum ipsa doctrina junctum est, ut una utrique sit veritas.

Jam vero tota methodus ex principiis theoreticis, antea positis, est dijudicanda, qua in re eundem, quem in partibus praecedentibus, ordinem sequemur, primum ergo de thermohygrometria, dein de psychrometria dicturi.

§. 86.

Animadversiones in antiquiora experimenta thermohygrometrica.

Ante quam in ipsas thermohygrometrorum conditiones inquirimus, quaedam notanda sunt de experimentis, quae ea praecesserunt. Attamen non est, quod fuse de iis disputemus. Considerentur enim uti rudiora tentamina, quae duxere quidem ad methodum nostram, ipsa vero per se imperfecte modo solverunt problema, quod propositum erat.

Quoad experimenta societatis *del Cimento*, proprie ea ad primam methodum referenda videantur. Immediate enim vaporis quantitatem determinare studuere. Si vero rationem consideremus, qua in massam sensibilem contrahebant vaporem, merito originem nostrae methodo dedisse dicuntur. Scil. erat frigoris actio in ipsum vaporem, quae hunc condensabat.

Summis autem laudibus efferendi sunt cell. *le Roy* et *Dalton*, quorum ille, etiamsi falsa saturationis theoria duceretur, acute tamen docuit, aërem singulis temperaturis determinatam modo vaporis quantitatem continere, et ingeniose hoc principium applicavit hygrometriae; ille vero idem principium combinavit cum legibus, probabiliter demonstratis, de vaporis densitate et elasticitate. Generatim vero in hos auctores est animadvertendum, quod refrigerandi methodum observatu difficillimam adhibuerint. Vix enim aqua frigida ita pedetentim ad punctum rorans usque calefieri potest. Praestat quidem hac in re *Berzelii* apparatus, qui per refrigerium chemice ortum thermometrum sensim ad punctum rorans perduceret, ipsum bulbum thermometri metallicum tamquam praecipitati sedem constituens. Etenim ita longe melius refrigera-

ratio dirigitur, simulque ipsa temperatura observatur, qua praecipitatio obtinet. Est tamen apparatus etiam complicatior, quam qui observationi conveniat, et praeterea tot tantaque postulat, ut ab omni parte sit usu difficilis.

§. 87.

De prima thermohygrometrorum conditione.

In thermohygrometris dijudicandis ex nostro consilio illam sequemur normam, quae in parte theoretica exhibita est, ita ut jam videndum sit, quomodo instrumenta exposita satisfaciant triplici conditioni, quae in iis postulatur? A prima incipiendum est.

Refrigerationem, quae fit aetheris evaporatione, semper fere sufficere producendo puncto roranti, satis superque docuerunt observationes. Memorat tamen *August*, in hygrometro doct. *Daniell* quandoque frigore 35 — 40 graduum non obtinuisse vaporis praecipitationem; quod utrum observatori, an vero instrumento sit adscribendum, non est quod dicam. Numquam vero tale quid sibi accidisse, inter alios testatur cl. *Bohnenberger* (*). Caeterum augetur potestas causae refrigerantis, si aër impetu quodam in aetherem irruat, uti in instrumento cl. *Döbereiner*, aut si vacuum simul efficiatur, ex mente doct. *Cumming*; quae tamen methodus facilitatis causa minime est commendanda.

Quoad lentam refrigerationem, nihil in genere melius eo scopo cogitari potest, quam aetheris evaporatio. Hic autem si guttatim stilletur in partem, cui est caloricum detrahendum, difficulter pro re nata dirigitur refrigerium. Sic praestet, quod proposuit *Döbereiner*, instrumentum, egregium illud et usu facile. Attamen concedendum est, quod in aetheris affusione multum faciat ipsa observatoris aptitudo et exercitatio, ita ut hae succurrant fere, quod apparatui tribuatur, vitio.

§. 88.

De altera thermohygrometrorum conditione.

Non ita facile in thermohygrometris altera conditio expletur. Licet enim etiam hic quam plurimum ab observatore pendeat, vix tamen praecipitatum, quam primum exortum fuit, detegi potest. Scil. illud oriri minimo refrigerio a maximo densitatis inde, docet theoria. Hic ergo differentia adeo exigua habetur, ut tuto negligi possit. Non ita in praxi res est. Cum enim ratio docet, stratum vaporis praecipitati, quod ini-

(*) Naturwiss. Abh. l. c. II. p. 170.

initio infinite tenue est, visui sese non offerre, ante quam ad certam quandam massam pervenit. Tum vero ex experimentis directis testatur cl. *Muncke*, vix ac ne vix quidem primum praecipitatum observari posse (*). Hic quidem physicus, nimis fortasse hoc argumentum urgens, punctum rorans, quod observatur, longe infra maximum densitatis ponit; attamen constare videtur, huic conditioni non nisi imperfecte satisfacere thermohygrometra.

Si vero hoc respectu comparemus ipsa inter se instrumenta, patet insigne eorum esse discrimen. Longe enim praestat vitrum metallo. Scil. in hoc subito tota conturbabitur superficies, quippe quod caloricum optime conducit; in illo vero maximum refrigerii in determinato modo loco adest. Sic ergo nubecula apparet, quae a parte splendida se distinguit, ideoque visu facilis est. Hac de causa minus conveniunt alter apparatus cell. *Daniell* et *Körner*, nec non hygrometrum cl. *Döbereiner*. Verum ab altera parte splendor metallicus praecipitatum melius denunciat, quam vitrum pellucidum. Laudandus ergo est exp. *Greiner*, qui in uno instrumento utraque commoda adeo apte et eleganter conjunxit, ut nihil fere in eo desideraretur.

§. 89.

De tertia thermohygrometrorum conditione.

Ponamus, praecipitationis momento temperaturam corporis refrigerati revera convenire maximo densitatis; restat etiamnunc quaestio solvenda, utrum ea cognoscatur ex thermometro. Duplici de causa hac in re peccari potest:

1. vel thermometrum non observatur ipso praecipitationis momento. Est enim perquam difficile, simul levissimam observare nubeculam et gradum thermometri subtilis atque fugacis. Augetur molestia, si thermometrum celeriter descendat, quod valet imprimis de hygrometro doct. *Daniell*. Conqueruntur hac de re cum alii observatores, tum imprimis *Meikle* (†). Neque immerito. Duplex enim observatio, eaque perquam accurata, semper opus est, quibus accedit aetheris affusio bene dirigenda. Haec omnia thermohygrometrorum usum premunt, ita ut experimentis potius, quam observationibus instituendis destinata videantur. Attamen, ex ipso hoc argumento, expertum exigunt eumque accuratissimum physicum, arceat vero, quicunque illotis manibus ea tractanda putet.

2. vel thermometrum aliam temperaturam indicat ac est corporis, in quo vapor deponitur. Supra jam vidimus, doct. *Adie* hujus erroris accusare hygrometrum doct. *Da-*

(*) *Muncke* Physik. Abh Giess. 1816 cf. *Gehler's* Wört. l. c. p. 653.

(†) Edinb. new. Phil. Journ. No. III. pag. 22.

Daniell, et ita ductum fuisse, ut aliud illi substitueret, quod sane hac in causa egregie se habet. Ipsa vero immutatio, quam fecit *Greiner* in collocando bulbo thermometri interni, conditioni nostrae sufficere videtur, quum sic temperatura indicetur strati, in quo et fons evaporationis est, et nubecula apparet vaporis praecipitati. Praeterea laudanda sunt, ex hoc principio, tertiae classis hygrometra, in quibus thermometrum et praecipitato ostendendo inservit; modo attendatur, ne ipse aether adhaereat huic parti, et sic vaporis condensati speciem referat. Hoc bene evitarunt *Körner* et *Muncke* in immutato hygrometro doct. *Jones*.

Concludimus ex disputatis, thermohygrometra accedere quidem ad perfectam hygrometrorum speciem, sed esse observatu difficilia, neque accurate exhibere punctum rorans; latere vero quantus sit error. Quoad selectum instrumentorum, egregie sese ab omni parte commendant hygrometrum doct. *Daniell*, prouti a *Greiner*, et doct. *Jones*, prouti a *Muncke* fuit emendatum. Reliqua suis singula dotibus excellunt.

§. 90.

Dijudicatio tabularum doct. Daniell.

Dijudicatis instrumentis sequitur tabularum diacrisis. De his autem non multa in lucem proferemus. Quid enim, ex hodierna physica, statuendum sit de solvendo problemate nostro, ex puncto roranti observato, in parte theoretica jam fuit expositum. Sequentia ergo sufficiant de tabulis, quas instrumento suo adjunxit *Daniell*.

1. Elasticitates vaporum ex tabulis cll. *Dalton* et *Ure* petuntur. Hae vero, suo quidem tempore, auctoritate insigni pollebant; attamen recentioribus experimentis formulisque cedere debuerunt, ita ut jam longe accuratius illi termini innotescant.

2. Idem et valet de terminis, quos adhibuit auctor, tamquam vaporis densitatem et aquae pondus. Hi enim sunt antiquiores, quam ut nostro aevo ferri possint.

3. Satis autem facile ex recentioris physicae inventis possint eaedem tabulae renovari. Generatim vero videtur quaestioni de pondere vaporis aquei, pede cubico contenti, alia de ejus densitate esse substituenda. Sic enim termini obtinentur, quorum in atmologia jure longe major hodieque habetur ratio.

§. 91.

Psychrometrorum examen.

Postquam ad finem perduximus thermohygrometriae dijudicationem, pergendum est

est ad psychrometriam, et, ex ordine nostro, primum instrumenta, dein theoriae consideranda sunt. Continuo autem ad eorum examen accedemus, praetermissis antiquioribus hac de re experimentis cell. *Hutton* et *Leslie*, quum ipsa, quam exposuimus, psychrometriae historia satis superque docuerit, quam imperfecta ea sint habenda.

Siquidem paulo accuratius psychrometra conferamus cum ipsis, quas explere debent, conditionibus, ad sequentes titulos reducimus eorum dijudicationem:

1. Quoad relativam aquae et thermometri positionem: revera exploratur temperatura strati, unde immediate exsurgunt vapores, si linteum, quod thermometrum circumdat, aquam ita retineat, ut madidum omnino bulbum reddat, nullae vero guttae appareant. Quum praeterea hac ratione bulbus ab omni parte cingatur superficie, vapores emittente, sequitur, optime ita satisfieri conditioni, hac de re praescriptae. Contra vero minus convenit, si aqua concreta parti modo bulbi apprimatur. Laudandi ergo sunt, hac in causa, *Leslie*, *Blacadder* et *August*; damnandus autem est *Lüdicke*, qui et aquae massam debito majorem evaporationi subjiceret et minori illam superficie extenderet.

2. Quoad continuam aquae renovationem: probabilis est methodus, qua *Leslie*, *Blackadder* et *August* usi sunt, ut scil. corpora, vi capillari humiditatem absorbentia, aquam ex receptaculo ad bulbum ducerent. Relativum autem eorum apparatuum pretium minus dependet a physico, a quo componuntur, quam ab artifice, qui eam compositionem perficit. Cavendum imprimis est, ne plus aquae adveniat, quam tollit evaporatio. Caeteroquin enim guttae oriuntur in superficie madida, massa aquae nimia evadit et facile turbatur indicatio psychrometri. Observavit tamen cl. *Bohnenberger*, eas nos adeo nocere, si modo lentissime formentur (*).

In genere vero tutior est methodus, qua *Lüdicke* et deinceps *August* usi fuere, ut scil., removerent omnem apparatum proprium, sed, observationem instituturi, antea bulbum madidum redderent. Sic post 15 fere minutas primas thermometrum constitit et observatio fieri potest. Commendanda ergo est haec methodus, quotiescunque sufficiens observatori concedatur tempus, neque subitum requiratur vaporis hygrometrici examen.

3. Quoad thermometrum psychrometro additum: hoc omnino omisit cl. *Leslie*, quippe instrumento usus, quod sponte differentiam psychrometricam exhiberet. Ita autem factum est, ut punctum psychrometrum ignoraret. Videatur quidem alio thermometro aëris temperatura detegi posse et sic illi vitio occurri. At vero in eo consentiunt physici, gradus thermometri differentialis vix cum solitis esse comparabiles. Instrumentum igitur jam ex his argumentis rejici possit; accedit autem, illud adeo

(*) Naturwiss. Abh. II. 168.

adeo sensile esse, ut facillime aliis rerum adjunctis, quam quidem evaporatione, v. g. luce, afficiatur. Haec omnia si respiciamus, minime mirum videatur, quod cl. *Böckmann*, ex accuratis observationibus thermometrum differentiale tamquam hygrometriae ineptum rejecerit (*). In reliquis psychrometris hoc titulo considerandus modo venit relativus utriusque thermometri situs. Minus autem recte *Lüdicke* et *Blackadder* ea prope se invicem posuere. Sic enim liberi aëris temperatura non accurate indicatur. Melius ergo cl. *August* septo ea separavit.

Ut jam ex dictis judicium pronunciemus de singulis psychrometris, concludimus, non admitti posse ea, quae *Leslie*, *Lüdicke* et *Blackadder* proposuere. Thermometrum enim differentiale, licet simplicitate sua et sensilitate primo intuitu egregie se commendare videatur, sitque ingeniosissime excogitatum, psychrometriae tamen haud convenit, quippe imperfectum, idemque fallax. Quoad psychrometra cll. *Lüdicke* et *Blackadder*: illud quidem nulli fere conditionum, quas exhibuimus, respondet; hoc vero et incertum est, quum spiritus vini loco mercurii temperaturam indicet, et artificiis ita oneratum, ut vix quid utile praestare possit. Unice ergo restat psychrometrum cl. *August*, quod jure merito hoc nomine dicatur. Et enim simplicitate sua, et, maxime si ab exp. *Greiner* conficiatur, subtili et accurata fabrica ita se commendat, ut nihil melius scopo satisfaciat.

§. 92.

De Theoria calorici latentis, psychrometriae applicata.

Examinandae veniunt theoriae formulaeque, ex calorico latenti derivatae. Ante vero quam illa speciatim indagamus, generatim inquirendum videtur in ipsa, quibus innituntur, principia. Eadem enim sunt ea, quae primus *Leslie*, dein in aëre sicco *Gay-Lussac*, tandem in humido *Ivory* et *August* amplexos esse vidimus.

Nequaquam vero dubitamus illis principiis omnem concedere fidem, quae probabili theoriae physicae competit. Non solum enim nullis repugnant factis, verum etiam ita quadrant recentiorum doctrinae de calorico latenti et libero, ut hujus auctoritatem et ipsa sibi vindicent. Nisi ergo nova quondam innotescant facta, quae, illam doctrinam subvertentia, aliam nostro argumento lucem affundant, constare videtur de ipsis principiis. Imprimis autem ea laudanda sunt, quod, uti egregie jam monuit *Leslie*, nullam admittant hypothesin, nisi quam ipsa Physica agnovit, si forte unam excipias, eamque ita simplicem, ut vix in dubium vocari possit: scil., eodem momento ca-

(*) *Gilb.* Ann. XV. 355.

caloricum liberari atque ligari, has igitur actiones esse synchronas.

Concludimus, neminem aliam psychrometri theoriam, iis principiis contrariam, fingere posse, nisi qui integram neget doctrinam, qualis exstat, de calorico latenti. Ita enim ea cohaerent, ut una diruantur, supermaneantve (*1).

§. 93.

Animadversiones in computum cl. Leslie.

Etiamsi principia admittamus, ex quibus petita fuit problematis nostri solutio, quaestio tamen superest, utrum illa ita in praxin redacta fuerint, ut scopo nostro satisfieret. Speciale ergo requiritur examen computorum et formularum psychrometricarum, quae ex theoria calorici latentis efficiuntur. Ordinem historicum sequentes, inchoamus a cl. *Leslie*. Magno honore habenda sunt ejus in psychrometriam merita, quam scil. fundasse vere dicitur. Ipsa autem progrediente Physica, factum est, ut theoria quidem innovationibus resisteret, emendaretur vero et perficeretur auctoris computus. Sic ergo triplici ratione eum peccare, fuit probatum:

1. Nil nisi novi vaporis formati quantitatem indicat. In psychrometria autem quaeritur quantitas vaporis hygrometrici. Huic ergo non sufficit. Causa autem, cur illam quaestionem intactam relinqueret *Leslie*, imprimis quaerenda est in ipsius instrumenti, quod adhiberet, ratione. Hoc enim nil nisi differentiam psychrometricam indicare, jam antea observavimus.

2. Proportionem modo quandam vaporis ad aërem docet; non vero ipsius vel densitatem, vel elasticitatem. Sic ergo nullam rationem habet aëris pressionis vel temperaturae, quae sane in hoc examine in censum veniunt.

3. Tandem vero culpandi sunt termini constantes, quos adhibuit. Recentius enim novis, iisque accuratioribus, excepti fuere.

§. 94.

De formulis cll. Gay-Lussac, Ivory *et* August.

Ex ordine nostro jam dijudicandi sunt cll. *Gay-Lussac*, *Ivory* et *August*. Eos autem hic conjungimus, cum omnes similiter theoriam cl. *Leslie* secuti fuerint, cui applicarunt recentiorum doctrinam de natura fluidorum aëriformium et vaporis, ille quidem ratione habita aëris sicci, hi vero humidi.

Pri-

(1) Hinc igitur opinionem cl. *Muncke* refutare studuimus, qui psychrometro applicuit thermohygrometriae theoriam. Vid. supra § 67. in nota.

Primum examinemus ipsas aequationes, dein valores constantium:

1. Termini, ex quibus formulae compositi sunt, veris doctrinae physicae principiis convenire videntur. In computum enim ducuntur aëris et vaporis densitas, elasticitas, dilatatio: verbo, nihil omissum, nulla in causa peccatum fuit. Conveniunt in eo tres illae, de quibus agimus, formulae et sic omnes retinendae videantur. Et sane si illas inter se comparemus, patet et formulam cl. *Ivory*, et cl. *August* congruere formulae cl. *Gay-Lussac*. Ubi enim in illis ponitur $x = 0$, oriuntur aequationes identicae. Verum non idem valet de formulis prioribus, inter se collatis. Licet enim terminos eosdem contineant et ex eadem hypothesi provenisse videantur, licet adeo numeratorem eundem ostendant, disparem tamen habent denominatorem. Est ille in formula cl. *August*,

$$1 + \frac{x}{\lambda}(t - t')$$

in formula cl. *Ivory*,

$$1 + \frac{x - \frac{\gamma}{\delta}}{\lambda}\left(1 - \frac{e'}{b}\right)(t - t')$$

qui ut identici essent, conditionis aequatio sequens sit:

$$\frac{e'}{b} = \frac{1}{1 - \frac{x\delta}{\gamma}}$$

quae quidem rei naturae omnino repugnat. Quid ergo causae sit, cur aequationes sibi non conveniant? Si paulo accuratius investigemus utramque hypothesin, qua formulae innituntur, sequenti errore laborare videtur ratiocinium cl. *Ivory*. Perspicuitatis causa literas, antea notatas, in usum vocemus:

Siquidem aër una cum vapore hygrometrico refrigeratur, augebitur utriusque densitas. Cum vero eandem subeant contractionem, ratio inter eorum densitatem non mutabitur. Vaporis tensio mansit x, aëris $b - x$, utriusque temperatura facta est t'. Novus autem vapor aëri accedit. Jam igitur proportio inter aërem et vaporem non ea erit ac si novus vapor hygrometrico simpliciter fuisset additus, nequaquam vero mutasset aëris densitatem. Haec enim per illum minuitur. Novo scil. vapore aëris elasticitas a $b - x$ ad $b - e'$ descendit, estque densitas in ratione elasticitatis. Hinc sequitur, vaporem, qui formatur, addendum esse aëri, cujus elasticitas non est $b - x$ sed $b - e'$ et temperatura t'. Ut igitur judicium feratur de ratione inter aëris densitatem et summam densitatum vaporis hygrometrici novique formati, quae possit aequare rationem inter aërem et vaporem, quales psychrometrum circumdant, patet, esse aërem et vaporem hygrometricum considerandum, prouti post refrigerationem se habent, i. e. utriusque temperatura a t ad t', aëris elasticitate a $b - x$ ad

$b - e'$ perducta, ab hac autem vaporis aërisque densitate metiendam esse calorici literati ideoque et vaporis formabilis quantitatem.

Si jam, has mutationes inducamus in terminos, a cl. *Ivory* computatos, erit:

$$a + v = \frac{u}{1 + mt'} \times \frac{b - e'}{n} + \frac{cu}{1 + mt'} \times \frac{x}{n}$$

$$v' = \left(\frac{uy}{1 + mt'} \times \frac{b - e'}{n} + \frac{cux}{1 + mt'} \times \frac{x}{n}\right)\frac{t - t'}{\lambda}$$

$$A + V = \frac{u}{1 + mt'} \times \frac{b - e'}{n} + \frac{cu}{1 + mt'} \times \frac{e'}{n}$$

Jam vero in aequatione

$$\frac{a}{v + v'} = \frac{A}{V}$$

est $a = A$, ideoque $v + v' = V$, unde prorsus eadem elicitur formula, quam habet *August*.

2. Quod autem attinet constantium determinationem, hac de causa unus dijudicandus est cl. *August*. Omnis autem eorum auctoritas innititur experimentis, unde petiti fuere. Et haec quidem adeo subtilia sunt, ut in illis errores tolli nequeant. Qui ergo hinc derivantur termini, non nisi quodammodo ad veritatem accedere possunt. Praeterea ipsa experimenta nihil omnino cum psychrometro commune habent, ideoque non nisi perquam indirecte ejus indicationem illustrant. In genere igitur nimis incerta videntur, quam ut fundamentum praebeant, quo formulae practicae superstruantur. Augentur errores, si, quod approximative egit *August*, negligantur termini, iique satis insignes, ut in computum venire debeant.

Concludimus, quod maxime nostri argumenti est, formulam cl. *August* theoretice quidem egregie solvere problema psychrometricum, practice vero non omni dubio carere, ideoque summae utilitatis esse, si in illa et secundum alias vias constantes determinari possint, ut sic vel emendentur, vel confirmentur.

§. 95.

De formulis cl. Anderson.

Ex praecedentibus patuit, quanti pretii aliae formulae psychrometricae habendae sint, quae theoreticas vel emendent, vel excipiant. Sic igitur de nostra doctrina meritus est cl. *Anderson*, qui theoriae calorici latentis substitueret evaporationis leges. Ut de auctoris formulis judicemus, item inquirendum est in ipsam aequationem et in constantes.

1. Lex, ex qua nostra aequatio petitur, sola fere auctoritate cl. *Dalton* innititur. Conveniat ergo, novis illam experimentis examinare. Attamen, quum nihil in ea deprehendatur, quod vaporum theoriae repugnat, satis tuto formam aequationi con-

 ci-

ciliare videtur. Ceterum imprimis est empiriae, ulterius in eam inquirere.

2. Quod vero rationem attinet, qua constantes determinati fuerant, vix intelligimus, quare auctor, veram vaporis hygrometrici elasticitatem quaerens, confugerit ad hygrometrum cl. *de Luc*, et sic principi loco per hoc instrumentum formulas suas illustrarit. Pertinet enim illud ad hygroscopia et sic jam fallax habendum est; at vero ne in his quidem praestantissimum haberi potest. Accedit, quod hujus indicationem illustraret per experimenta cl. *du Long*, quae ipse auctor tamquam inperfectum opus denunciat, nec nisi tentaminum nomine exhibet. Tuto ergo statuimus, minime tortuosa hac via quid accurati peragi potuisse; et putamus, nihil nisi auctoritatem, quam cl. *de Luc* in re hygrometrica non sine ratione apud Anglos acquisivit, immerito autem retinuit, cel. Physicam movisse, ut fallacibus adeo principiis uteretur, quae ad nihil certi ducerent.

§. 96.

De meritis cl. Bohnenberger *in Psychrometriam.*

Ingeniosum fuit et laudabile consilium cl. *Bohnenberger*, ut egregias formulas cell. *August* et *Anderson* illustraret per optima hygrometra, quae ipsi praesto erant. Sic enim, qua in re dubium supererat, constantium determinatio corrigi possit.

Generatim quidem in memoriam vocandum est, et ipsa thermohygrometra non sine labe vaporis hygrometrici conditionem exhibere. Quum vero jam multum accedant ad perfectum hygrometrorum genus, longe minores erunt errores, quam quos commisit cl. *Anderson*. Quod autem speciatim attinet regulas et formulas, quas retulit auctor: etiamsi regula, qua reducitur psychrometrum ad thermohygrometrum, praestet sine dubio illi, quam tradidit cl. *August*, non tamen majori fide gaudet, quam quae cuivis hujusmodi regulae concedi potest. Ad accuratas enim observationes computandas inepta est. Egregie autem, quantum per thermohygrometrum licebat, formulae cll. *Anderson* et *August* in praxin videntur reductae. De hac imprimis illud dictum est, quippe cui majorem quam illi operam impendit *Bohnenberger*. Praeferimus insuper formulam, quam ex suis ipsius observationibus deduxit, ei, quam a nob. *Bürg* repetiit, ideo, quod vitrum inauratum vaporem condensatum melius demonstrat quam metallum politum. Adeo autem inter se conveniunt termini medii, ex diversissimis earum observationum seriebus desumti, ut nulli dubitemus, quin illi formulae prae reliquis omnibus palma sit tribuenda.

§. 97.

§. 37.

Examen conclusionum cl. Baumgartner.

Tandem agendum est de ratione, qua inter se hygrometra nostra comparavit cl. *Baumgartner.* Assentimur auctori, non nisi per experimenta de instrumenti physici pretio judicari posse. Hoc autem de ipsius usu practico magis quam de theoria valet. Ita enim detegitur, num ad usum accommodatum sit, minus autem, num principia, quibus ejus theoria fundata est, recte se habeant. Experimentis quidem opus est, ut ea confirmentur; haec vero directa sint. Ceteroquin enim vix ad conclusionem ducunt.

Neque tamen omni laude caret, quod sibi proposuit cl. *Baumgartner.* Nisi enim errores sint formulis et observationibus, qui se mutuo compensant, exinde colligere licet, num diversae methodi inter se quadrent, ideoque, num quidam probabilitatis gradus iis concedi possit.

Et haec quidem de ipsa methodo: ratio autem qua illam executus est auctor, talis est, ut non una de causa peccasse videatur. Etenim in formulam, per quam elasticitatem vaporis hygrometrici ex psychrometro derivat, sequentia animadvertimus:

1. Eo adhibet formulas cl. *Anderson;* vidimus autem, has ita debili niti fundamento, ut usui minime conveniant. Medium praeterea terminum ex utraque formula sumsit, ac si utrique eandem fidem concederet; licet doceret experientia, alteram semper majorem praebere elasticitatem (*), et ipse adeo auctor affirmet, nullum esse dubium, quin praeferenda sit formula secunda (†). Etenim animadvertit, primam negligere prorsus statum aëris barometricum. Jure vero quaeri possit, quidni id egerit, ut hunc terminum in computum duceret, quod facillime fit, ut supra fuit demonstratum?

2. Elasticitatem, quam ita jam false ex psychrometro deduxit, reducit insuper per leges dilatationis, ad punctum rorans. Constat autem, per refrigerium in aëre aperto mutari modo vaporis densitatem, non vero elasticitatem.

3. Dilatationem statuit esse $1 + m(t - t')$, dum revera est $\frac{1 + mt}{1 + mt'}$. Attamen videtur hic quodammodo excusandus auctor, quia nihil nisi approximationis speciem quaesivit.

Mirum igitur videtur, formulam, quae tot tantisque erroribus laborat, ad probabi-

(*) Zeitschr. für Phys. u. Mathem. l. c. pag. 89.
(†) Ib. l. c. pag. 75.

bilem tamen conclusionem ducere potuisse; quod ut percipiatur, nihil sane restat, quam ut admittamus, errores illos mutuo fuisse compensatos.

Caeterum quoad auctoris conclusionem, de discrepantia inter hygrometrum capillare et utrumque nostrae methodi instrumentum, nititur haec computatis saturationis gradibus. At vero ex iis quae antea jam disputavimus, abunde patet, experimenta cl. *Gay-Lussac*, fidem quandam mereri quidem, non vero ultra limites observationum extendi posse. Hinc igitur, etiamsi admittamus, quod maximopere in dubium vocandum est, modo peccatum fuisse a parte hygroscopiae, ea tamen, quae instrumento adscribit *Baumgartner*, vitia eodem jure tabulis doct. *Winkler* tribui possint.

Ex disputatis collegimus, ut aliis argumentis, quae subinde jam excitavimus, moti, ipsas auctoris conclusiones non negemus, viam tamen, per quam eo pervenit, ejusmodi esse, ut non magnopere illas confirmet.

§. 98.

Conclusio.

Nostrae disputationi finem imposituri, concludimus, ad magnum quidem doctrinae fastigium adscendisse nostram methodum. Combinata enim fuit cum subtilissimis quaestionibus physicis et ex intimis doctrinae penetralibus educta. Si vero inter se comparemus thermohygrometriam et psychrometriam, patet, non eodem pretio illas esse aestimandas. In illa enim observatio difficilis est, neque omni dubio immunis, in hac autem facilis et certa. Contrarium in earum theoria obtinet. Utriusque principia quidem satis firma nituntur basi. In illa vero theoria simplex, expedita, formulas practicas satis accuratas exhibet, dum in hac, perquam complicata, vix ad certas regulas ducit. Si enim constantes theoretice determinentur, luctandum est cum fallacia experimentorum, quae non nisi indirecte ad psychrometriam pertinent, si vero ex observationibus meteorologicis, circulus fere logicus oritur. Scilicet ipsa atmosphaerae conditio res obscura est, per hygrometriam illustranda; methodus autem, quae perfecte hunc finem explet, etiamnunc in desideratis habetur. Hinc sequitur, ipsum nostrum argumentum nondum esse exhaustum. Experimenta adhuc deficiunt, quae directe eorum instrumentorum indicationem illustrant. In genere tamen praeferimus psychrometriam thermohygrometriae, quum, etiamsi mutari possit ejus theoria, maneant tamen observationes, quibus fidendum est. Maxime speramus, fore ut hoc argumentum, physicorum attentione dignissimum, ulterius experimentis indagetur.

Siquidem viam, quam jam percurrimus, uno conspectu lustremus, patebit, hygrometriam eo magis veris hygrologiae principiis fuisse fundatam, quo magis, reliquis instrumentis spretis, ad thermometrum unice confugeret. Hoc enim primum adminiculi loco adhibitum, hygroscopiam in hygrometriam convertit. Deinceps ip-

ipsum in hygrometrum commutatum fuit, addito apparatu, quo refrigerium produci, ejusque in vaporem actio observari poterat. Tandem vero et aliud principium adhiberi coepit, quo sola thermometri madidi indicatio sufficiebat vaporis quantitati determinandae: exstitit psychrometria, quae vere hygrologiae partem sistit. Nec mirum illud videatur, si consideremus, omnes vaporis aquei proprietates calorico determinari. Exspectandum est, eo magis perfectum iri hygrometriam, quo magis innotescat mutua eorum actio, sive caloricum, auctum, vaporem expandat, seu, imminutum, condenset, sive denique eundem producat, latenti forma sese abscondens.

Il ne faut négliger aucun des moyens, que la nature ou l'art peuvent nous suggérer, pour parvenir à la connaissance de la vérité.

DE SAUSSURE.



EXPLICATIO TABULARUM.

Tab. I. Hygrometra proponit *primae classis*, quae ponderatione;
Tabb. II—V. Secundae classis, quae mensura;
Tab. VI. Tertiae classis, quae evaporatione innituntur.

Quoad primam classem: *fig.* 1. *ordinem* ejus *primum* refert, qui absolutum; *figg.* 2—6. *alterum*, qui, per bilancem hygroscopicam, relativum vaporis pondus indicat.

Quoad alteram classem: *figg.* 7—12. *ordinem primum* proponunt, qui torsionis effectum; *figg.* 13—14. *alterum*, qui capacitatem immutatam; *figg.* 15—23. *tertium*, qui longitudinem alteratam indicat. Adduntur suo loco quae eo pertinent, ut instrumentorum indicatio cum vaporis quantitate comparetur (*fig.* 9, 10, 23.)

Quoad tertiam classem: *figg.* 24—33. *thermohygrometrorum*, *figg.* 34—36. *psychrometrorum ordinem* illustrant.

Tabula I. (*Cl. I. Ord.* 1 *et* 2.)

Fig. 1. Apparatus cel. *Guyton-Morveau.* (Ann. de Chim. T. LXVIII. tab. I.)
A Hygrometrum, campanae hydrargyro-pneumaticae inductum, cujus aër explorandus est.
B Hygrometrum, per se spectatum.
a vasculum vitreum cum materia exsiccante.
b operculum vasculi ferreum.
c annulus ferreus vasculum cingens, qui tamen ab eo separari potest, ut solius vasculi pondus exploretur.
d e manubrium annulo affixum, quo hygrometrum sub hydrargyro in campanam ducitur.
f vectis, operculum movens, quo clauditur vasculum.

Fig. 2. Hygrometrum doct. *Anderon* (Phil. Transact. for 1746. p. 95. et 169. N°. 479. Tab. II. fig. 4.)
a spongia, sale ammoniaco imbuta.
bce statera romana, indicando mutatum spongiae pondus. Ab alterius brachii fine

c.

c. pendet spongia; alterum brachium *be*, 1,5 pedes longum, in apicem tenuem terminatum, indicem efficit.

d scala, humiditatem indicans, quam index percurrit.

f Penduscalorum aequalium series, ad *g*. indici annexa, quae sustentaculo *h*. retinetur. Spongiae pondere aucto elevatur simul haec catena, quo magis regularis fiat indicis cursus.

Fig. 3. Hygrometrum cl. *Gould* (Leupold Theatr. machin. II. 293. N°. III. Tab. XVII. fig. 1.)

a lanx, acido sulphurico repleta.

bcde statera romana, indicando materiae hygroscopicae pondus.

f sacoma.

g scala, in circuli gradus divisa.

Fig. 4. Hygrometrum doctt. *Desaguliers* et *Hales* (Desaguliers, *Natuurk. uit ondervinding opgemaakt* T. II. p. 587. Tab. XXXV. fig. 11.)

a spongia, sale ammoniaco imbuta.

bcde bilancis species indicando spongiae ponderi.

d cylinder, cui per filum adnectitur spongia.

e conus truncatus, cochleae in modum sulcis distinctus, cylindro *d* adnexus.

b,c mucrones, in axi cylindri et coni positi, circa quos haec corpora facile rotare possunt.

f sacoma.

g scala, mensura horizontali et verticali munita.

Fig. 5. Hygrometrorum cl. *Inochodzow* (Acta Acad. scient. imper. Petropol. A. 1778, Parte post. p. 201. Tab. VI. fig. 1.)

abc scala pharmaceutica, a clavo *d* suspensa parti instrumenti immobili *no*. Scapus *ab* $5\frac{1}{2}$ poll. Paris. longitudinem habet. Pro lancibus unci orichalcei adsunt in *a* et *b*.

e lapis hygroscopicus, ab unco pendens.

f sacoma, proxime aequale lapidi ex igne desumto.

bgh catenula, ex annulis fili argentei, volumine et pondere quantumpote aequalibus, confecta, ab altero fine *b* unco, ab altero *h* parti instrumenti mobili *iklm* annexa.

iklm asserculus per sulcum in asserculo fixo *no* apte mobilis; simul instrument fulcrum et basin sistunt. Hic autem bilancem retinet, ille catenam argenteam. Hic nonium *pqp*, ille scalam *rst* monstrat. Prouti sursum vel deorsum movetur, brevior longiorve evadit pars catenae *bg* in bilancem agens. Quoad scalae naturam et parandi rationem: uncus a bilancis brachio *b* pendens, paululum levior est illo, qui ab *a* pendet, ita ut, si lapis ex igne de-

desumtus fuerit, exigua catenae pars ponderis defectum supplere debeat. Puncta q et r, quae tum sibi respondent, in parte fixa et mobili annotantur. Ab his scalae fit initium. Dein vero pondus 10 granorum appenditur unco a. Aequilibrium, ita ruptum, depressa parte mobili restituitur, descendente scil. catenula. Punctum s, quod tum cum q coïncidet, iterum annotatur in parte mobili, et sic scalae basis obtinetur, quae in 10 partes aequales dividitur. Poterunt hae partes sursum versus prolongari, et, siquidem annuli sint accurate ejusdem magnitudinis et ponderis, singulae partes augmentum unius grani indicabunt. Ut vero constet de hac annulorum aequalitate, appenduntur iterum 10 grana a parte a, et observatur, num idem obtineatur spatium. Hac ratione exploratur, utrum omnes catenae annuli sint aequiponderantes nec ne, et scala conficitur. Nonius autem facile obtinetur, si asserculo fixo *no* ab utraque parte puncti q exigua scala qp addatur, cujus 10 partes undecim scalae mobilis respondeant. Sic decimae grani partes observari poterunt. Expedite ergo et facile habentur humiditatis incrementa et decrementa.

Fig. 6. Hygrometrum cl. *Lüdicke* (*A* et *B* *Gilb.* Ann. I. 292. Tab. V. figg. 5 et 6. *C* et *D* ibidem V. 79. figg. 7 et 8.)

A totum instrumentum a parte anteriori.

B index a parte superiore conspectum.

abcde staterae species. Ad a et b foraminula adsunt, per quae fila sericea transeunt suspendendo et lapidem hygroscopicum f et libramentum g (*A*). Ad d et e (*B*) incisurae inveniuntur, per quas similia fila transeunt ipsi bilanci suspendendae. Ad c brachium in apicem tenuem elongatur, indicis vices fungentem.

h pars cuprea prominens, $1\frac{1}{2}$ poll. longa, a qua statera pendet. Constat ex forcipis specie (*Klöbchen*, *Pincette*), per duas cochleas adstringendi, quo retinentur fila, stateram gerentia.

no instrumenti basis, cuprea, quadrangularis, $5\frac{1}{2}$ poll. dresd. longa.

rst pars instrumenti posterior, lamina cuprea angularis, affigendae staterae, et s. p.

u punctum suspensionis totius instrumenti.

pq scala ex arcu circulari in 60 partes diviso.

im perpendiculum.

kl apparatus, quo nimia perpendiculi concussio in transportatione impeditur.

C et *D* statera immutata, ut oscillatio lapidis, si transportetur, impediri possit. *C* statera a superiori, *D* a latere conspecta.

bcc sacoma immobile.

a pars staterae in furcae speciem divisa, cui lapis annectitur.

Ta-

Tabula II. (Cl. II. Ord. 1.)

Figg. 7 et 8. instrumenta e chordis intestinalibus. *Figg.* 9 et 10. ea quae pertinent ad experimenta cl. *Lambert*; *Figg.* 11 et 12. hygrometra ex graminum aristis referunt.

Fig. 7. Hygrometrum *Guil. Molineux* (Leupold *Theatr. machin.* II. p. 290. P. III. Tab. XIII. fig. VI.)

Chorda *ab* a parte superiore *a* connectitur puncto immobili, ab inferiore *b* disco cylindrico, cujus superficies *cd* scalam continet circularem, ipsa chordae torsione mobilem. Index immobilis per *e* repraesentatur.

Fig. 8. Hygrometrum cel. *Lambert*. (Hygrometrie oder Abhand. von den Hygrometern, Augsb. 1774. Tab. III. fig. 12.)

a tripus, instrumenti sustentaculum.

b chorda intestinalis, ab altero fine *g* sustentaculo affixum; ab altero *d* indici *ee*, perquam mobili.

c filum ferreum, spirae in modum flexum, sustinendae scalae.

ff scala, in circuli gradus divisa.

Fig. 9. Sectio diametralis apparatus, quo cel. *Lambert* hygrometri cursum cum evaporationis quantitate comparavit. Affigitur operculo vasculi chorda, cui index ab inferiore parte adhaeret. In vasculo obtinet evaporatio.

Fig. 10. Curva, quam ex experimentis suis delineavit idem auctor (l. c. Tab. II. fig. 11.). Axis abscissarum *AB* sex pollices aquae evaporatae, ordinatarum *BD* gradus hygrometri refert. *AC* curva, quae prima experimentorum serie, *AD*, quae altera describitur. *FE* ordinata, rationem indicans inter utramque curvam.

Fig. 11. Hygrometrum rev. *Maignan* ex avenae fatuae arista (Leupold *Theatr. mach.* II. p. 292. P. III. Tab. XV. fig. 1—5.)

A totius instrumenti habitus.

B ejus sectio perpendicularis.

C ipsa pars hygroscopica, separatim delineata. Proprie est gluma cum exeunte arista avenae fatuae (*Wild- oder Rauch-Haber*); gluma est quasi convoluta et stylo cuidam annectitur. Aristae pars extrema, vulgo flexa et debilis, abscinditur, ut superstiti parti erectae et firmae levis index imponi possit.

a arista, quae humiditate contorquetur, per foramen operculi *ff* penetrans.

b stylus, cui gluma cerae sigillatoriae ope agglutinatur et quo sustinetur.

cc levis index, aristae imposita, e charta, vel alia tenuissima materie.

dd scala, in ipso operculo delineata.

ee capsula, apparatum includens, foraminibus instructa, ut liber aëri concilietur transitus.

Fig. 12. Hygrometrum cel. *Kater*, ex andropogo contorto, planta asiatica ex graminearum familia, delineatum secundum ipsum instrumentum, quod in museo Physico Acad. Rheno-Trajectinae exstat, confectum illud Londini ab exp. *Robinson*.

A externus instrumenti habitus.

B interna machinae compositio.

C scala cum duplici indice.

D graminis pars activa.

A. ab capsula cylindrica, cuprea foraminibus distincta, ut aëri introitus concedatur.

ef annulus cupreus, cochleae ope cum capsula (*ab*) junctus, vitrum convexum *i* ferens, quo scala *cd* obtegitur.

gh basis instrumenti, cui capsula *ab* cochleâ *ik* (*B*) annectitur.

D pars hygroscopica (Androp. contort.); ad *a* et *b* parvis continetur cylindris cupreis; *c* est pars, qua *b* cum basi conjungitur.

B. cd pars suprema, scalas et indices ferens. Sustinetur stylis *o,o,o*, basi impositis.

ab pars hygroscopica mox descripta. Prope laminam *ef* nectitur cum parvo cylindro cupreo, e quo tenuis axis exiens laminam *ef* perforat. Axis autem gerit cylindrum, dentibus distinctum (*rondsel*), qui rotae *mn* dentes prehendunt.

ef lamina cupri, supremae instrumenti parti adnexa ope cochleae *p*. Retinet axin rotae *mn*.

mn rota dentata, quae volvitur motu cylindri dentati, parti hygroscopicae impositi.

C. cd scala in 100 gradus divisa.

ef scala, in 10 gradus divisa.

ab prioris scalae index; est centrum motus in *g*.

h centrum motus indicis scalae minoris.

Actio descriptarum partium haec est: pars suprema materiae hygroscopicae *a* (*B.*) conjuncta est cum indicis majoris centro *g* (*C.*); hic itaque inmediate humiditatis detrimentum vel incrementum indicat; sed hoc ipso motu plures circulos percurrere possit. Ne hoc autem te, si accidit, fugiat, addita est scala minor *ef* (*C.*). Scilicet *ab* (*D.*) non tantum movet indicem majorem, ejus axi impositum, verum etiam, qui ei annexus est, cylinder dentatus rotam *mn* (*B.*) una cum indice minori *h* (*C.*) vertit. Rota autem 100, cylinder vero 10 dentibus gaudet. Hinc, si index major, per ipsam partem hygroscopicam motus, scalam *cd* semel percurrerit, index minor, rotâ *mn* (*B.*) in motum excitatus, decimam tantum par-

partem scalae *ef* (*C.*) percurrit. Si itaque index minor tres decimas scalae partes percurrerit, concludi potest, indicem majorem ter scalam ambiisse.

Tabula III. (*Cl. II. Ord.* 2 *et* 3.)

Fig. 13. Hygrometrum eburneum cl. *de Luc* (Phil. Trans. 1773. Vol. 63, pag. 404. Tab. XVIII. fig. 2.)

ab cylinder eburneus, cavus, 2 poll. 8 lin. longus, diametri internae 2,5 lin., $\frac{1}{10}$ lin. crassus, a superiori tamen parte paululum crassior, mercurio repletus.

ac tubus vitreus, 14 poll. longus. Acquiritur, bulbo thermometri fracto, in quo distantia inter puncta fixa mensurae subjicitur et mercurius contentus ponderationi.

de scala, cujus 2 gradus unum Reaumurianum efficiunt. Ita obtinetur haec determinatio, ut scalae basis fiat quarta proportionalis inter quantitatem hydrargyri, quae thermometro contenta fuerat, illam, quae cylindrum eburneum replet et distantiam inter puncta fixa thermometri fracti. Basis illa in 40 gradus dividitur. Initium scalae obtinetur in balneo glaciali.

f operculum, tubum a pulvere tuens, nec tamen aërem arcens.

g thermometrum aëris calori observando, ut hujus in hygrometrum effectus corrigatur. Ejus bulbus, una cum vasculo eburneo in incisura ponitur asseris, instrumenti partes conjungentis.

h exigua scala fixa in parte superiore asseris hygrometrum gerentis, cujus gradus dimidiam magnitudinem habent eorum, qui in scala hygrometrica adsunt, ideoque immediate respondent gradibus scalae thermometricae.

i index ad corrigendum effectum caloris in hydrargyrum. Siquidem hic o refert in scala fixa, signum, quod in tubo hygrometrico indicat punctum, mercurio notatum in balneo glaciali, respondet item puncto o in scala hygrometrica. Si vero thermometrum alium quemvis gradum ostendit, index una cum scala mobili *de* ad eundem illum gradum adducetur in scala fixa. Sic sponte effectus calorici detrahetur ab observatione. Gradus enim, quem mercurius jam in scala hygrometrica indicat, solius humiditatis effectum refert.

Fig. 14. Hygrometrum doct. *Wilson* ex vesica urinaria muris Ratti, delineatum juxta instrumentum, quod in Museo physico Acad. Rheno Traj. exstat, confectum illud a *Jones*.

A totum instrumentum.

B pars inferior, tegmine orbata, vesicam ostendens.

C tegmen extimum partis inferioris.

a

a vesica, juncta tubo vitreo *bb*, continens mercurium.
c operculum tubo claudendo, ne pulviscula incidant.
d scala, ex duobus punctis fixis constructa.
e tegmen cupreum, aërem admittens per foramina, tutamque servans vesicam. Cochleae ope jungitur instrumento.
C aliud tegmen, servando vesicam si instrumentum vel in alium locum transferatur, vel quamdiu usui non inservit. Inest ei mercurius. Per cochleam *f* autem fundus ita elevatur ut circumdata sit vesica hoc mercurio. Sic igitur pressio interna hydrargyri in vesicam praecavetur.

Fig. 15. Hygrometrum doct. *Gould*, ex fune paratum (*Leupold* l. c. pag. 289. P. III. Tab. XIII. fig. IV.)
aaaa funis, qui facultate hygroscopica praeditus est, puncto fixo *b* adstrictus, horizontali directione tensus.
cccc trochleae facile mobiles, circa quas ducitur funis.
d libramentum, funem tensum servans.
e ultima trochlea, cujus centro affigitur index *f*.
gg scala circularis.
hh asser, cui totum instrumentum affigitur.

Fig. 16. Ejusdem generis et auctoris instrumentum, ibidem descriptum, (Tab. XIII. fig. 3.) in quo vero funis perpendiculariter ducitur circa trochleas. Ipsum libramentum indicem gerit. Scala ergo linearis est. Literae adscriptae easdem partes, quas in praecedenti instrumento designant, praeter *e*, quae indicem libramento affixum refert.

Tabula IV. (*Cl. II. Ord.* 3.)

Fig. 17. Hygrometrum ligneum cel. *Leupold* (*Theatr. mach.* II. P. III. Tab. XV. fig. 5 et 6.)
A instrumentum a parte anteriore.
B a laterali.
C apertum instrumentum.
aaa (*C*) asseres jugumento inclusi, ita ut dilatatio a parte inferiore modo procedat. Stylus *b* hanc defert ad quatuor regulas, per incisuras, et ad has adaptatas partes eminentes, sibi junctas (*zwaluwstaarten*) *bbbb*, quibus centrum motus est in *c*.
d salamander a superiore regulae parte, indicis loco.
ef (*A*) scalae; *e* siccitatem, *f* humiditatem indicat. Per illam enim descendit, per hanc adscendit Index, juxta rimam inter has scalas relictam.

Fig.

Fig. 18. Hygrometrum doct. *Hautefeuille* (*Leupold* l. c. p. 292. Tab. XV. fig. VIa.)
abcd est jugumentum quadrangulare, interpositis duabus regulis abiegnis *ef* et *gh*, talem in modum, ut regulae partibus jugumenti *bd* et *ac* clavis affixae sint, in superiore vero et inferiore parte *cd* et *ab* includantur sulcis, per quos libere moventur, aliquo inter *ef* et *gh* spatio relicto, ut sic omnis earum dilatatio a parte interna modo procedere possit. Regulae *ef* annexus est stylus *ik*, versus *k* dentibus distinctus; dentes rotulam dentatam *l* prehendunt, indicem *mn* gerentem. Scala circularis affixa est regulae *gh*. Si ergo dilatatio ligni per humiditatem obtineat, propius sibi admovebuntur *ef* et *gh*, fissura, quae eas separat, minor evadet, rota *l* movebitur et in scala circulari index *mn* hunc effectum declarabit.

Fig. 19. Hygrometrum cel. *Smeaton* (Phil. Trans. Vol. LXI. for 1771. P. I. p. 201. Tab. VI. figg. 1—4.)
A totum instrumentum a parte anteriori.
B idem a parte laterali.
C instrumentum, majori scala delineatum et apertum.
D et *E* partes separatae.
ab chorda cannabina, 35 poll. longa, 0,05 p. fere crassa, in aqua salita bene cocta et per hebdomadem extensa pondere 1 — 2 ℔. A parte superiore *a* clavo revolubili, ab inferiore *b* filo cupreo annectitur.
bc et *cd* (*C*) fila cuprea (*loops or long links*), quae chordam indici jungunt.
e (*C*) libramentum ½ ℔ fere, ad chordam tensam servandam, una cum filis cupreis indici junctum.
fg (*C*) index 12 poll. longus, pro ⅔ vel ¾ parte parallelepipedi formam habens *fh*, ceterum in apicem tenuem elongatum *gh*, qui scalam percurrit; *f* centrum est rotationis, admodum mobile. Ad parvam distantiam *d* a centro jungitur indici filum cupreum et libramentum ope corporis *D*, deinceps describendi.
ik scala ex arcu circuli, in 100 gradus diviso, affixa parti metallicae *kl*, quae gliscit juxta partem fixam *mn* et sic propius adducitur centro, aut magis ab eo removetur. Figitur per cochleam *m*. Sic scala adaptatur chordae et in illa puncta fixa determinantur.
oo (*A*) tegmen, instrumentum ab aëre et pulvisculis arcens. Trans vitrum gradus observantur.
D pars, quae est inter indicem, filum cupreum, chordae annexum, et libramentum.
p clavi species, incisura inferiori, quae filum cupreum, et superiori, quae libramentum recipit.

q pars ab indice perforata, per cochleas *rr* ei affixa, clavum gerens. Pro labitu affigitur indici ab *f* inde ad *h*.

E operculum ex parallelogrammo cupreo a superiore parte pyxidis, ubi penetrat in illam filum cupreum *ss* (*A*), instrumentum ab immunditie arcens.

t foramen, per quod libere in pyxidem descendit filum cupreum fere $\frac{1}{8}$ poll. diam.

u rima foramine minor, sufficiens per quam filum penetrare possit et sic tolli operculum, illaesis chorda et indice.

vv cochleae, mobiles in 2 rimis, per quas foramen *t* adaptatur filo cupreo *bc* (*C*), prouti hoc movetur in ipso indice.

Fig. 20. Hygrometrum doct. *Lüdicke.* (*) (*Gilb.* Ann. I. p. 290. Tab. V. fig. 1—4.)

A instrumentum a parte antica.

B a laterali.

C pars, cui annectitur capillus.

D eadem pars modificata, si loco capilli balaena adhibeatur.

Quoad *A* et *B*: earum partes sunt vel mobiles vel immobiles. Hae primum, dein illae describuntur.

pq (*A*) et *qs* (*B*) instrumenti basis, quadrangularis, cuprea.

no circuli arcus 60 graduum, a pariete basis anteriore.

abwx paries instrumenti posterior, affixus parti basis posteriori, confectus ex lamina tenui schistosa.

m incisura in hoc pariete, per quam transit parvus forceps *m*(*B*), qui per cochleam *u* firme apprimitur parieti.

abcd lamina cuprea ad superiorem et anteriorem parietis faciem, retinens *it* (*B*).

rs lamina cuprea, ibidem loci a parte posteriore posita toti instrumento suspendendo. Utraeque hae laminae figuntur per cochleas, uti *η*.

kl perpendiculum, ut instrumentum, si suspendatur, horizontalem positionem acquirat.

Pars mobilis *gh αβγε* (*B*) aliquomodo bilancem refert, examine inverso.

gh index descendens, cujus centrum gravitatis est in axi motus.

αβγε pars intermedia inter capillum *x* et indicem. Constat ex parvis forcipibus (*Klöbchen*, *pincettes*). Per *α* et *β*, ope cochlearum, annectitur filis sericeis $\frac{1}{15}$ poll. Dresd. Haec fila similibus forcipibus *δ*, *ζ*, pendent a parte immobili *it*. Omnes hi forcipes sunt et in axi horizontali, et in verticali; *ε* au-

(*) Hoc instrumentum proprie nihil est nisi hygrometrum capillare modificatum. Quum enim auctor animadverteret in hygrometro cl. *de Saussure* indicem affici per dilatationem argenteae lamellae, cui suspenditur capillus, nec non forcipum, quibus prehenditur, dum insuper frictio metallorum ejus motus impediat, aliam indicandi rationem excogitavit, quae hac figura proponitur.

autem habet aperturam, quae quidem est in axi horizontali, sed $\frac{1}{8} - \frac{1}{7}$ poll. Dresd. a plano verticali remota.

y (*B*) species bilancis, quae libramentum indicis efficit, *ef* (*A*) hanc a parte antica proponit. Uti et index per cochleam parti intermediae affigitur. *ef* globuli, qui et ad libramentum faciunt, et, si paululum eleventur, eo tendunt, ut punctum gravitatis totius partis mobilis in centro motus incidat. A brachio *e* pondusculum *η* pendet, quod capillum gravitate sua tensum servat.

C illustrat positionem parvi forcipis *ε*.

efg forceps, *h* cochlea, *i* apertura retinendo capillo *ik*.

ab axis plani verticalis, *cd* horizontalis.

D idem ille forceps, balaenam recipiendo adaptatus. Literae eadem designant, *h* autem stylus est ex chalybe tenuis, in axi horizontali situs, qui per aperturam balaenae penetrat.

Tabula V. (*Cl. II. ord.* 3.)

Fig. 21. Hygrometrum cl. *De Luc* (Phil. Trans. for 1791. pag. 389. Tab. IX. fig. 1.)

Quatuor regulae orichalceae, uti *ae*, *af*, aliarum ope, (uti *ab*, *bd*, *dc* et quae in media et suprema parte adsunt), sibi junguntur; postremae partem habent impositam, desinentem in annulum, quo suspenditur instrumentum. Suprema, quae anteriores conjungit, regula, in media parte stylum fert, a quo ad partem qua suspenditur instrumentum, axis transit, cylindrum *p* et indicem *r* ferens.

m lemniscus balaenaceus, 8 poll. longus, 0,5 lin. latus. A parte inferiore annectitur stylo *o* mobili per cochleam, ut, si prima vice instrumento utaris, indicem ad debitum locum ducere possis. A parte superiore (*n*) jungitur cum filo, quod ambit cylindrum *p* et a parte opposita elaterium fert *q*, quo contracto, tenditur ipsum filum.

p cylinder, duplici sulco. Alteri jungitur filum, lemniscum retinens, alteri filum, in directione opposita volutum, et elaterium annexum habens.

q elaterium e filo argenteo. Relaxato filo contrahitur et contra.

r index, qui cylindri rotatione movetur. *kl* circulus ex orichalco, in 100 gradus divisus. Jam si lemniscus balaenaceus humiditate expanditur, filum cylindrum ambiens ab elaterio contracto tenditur, et hinc ipsius cylindri motus oritur, qui motus ab annexo indice in scala indicatur. Instrumentum si adhibetur, annulo suspenditur.

Fig. 22. Hygrometrum cel. *de Saussure*, emendatum a mechanico *Paul*, descriptum

a Cl. *Pictet* (in Bibl. Univers. des Sciences et Arts, T. XXVII. A. 1824 p. 22. Tab. I. fig. 2.)

A capillus suspensus a parvo forcipe *B*, qui forceps moveri potest per cochleam *C*.

Capillus decurrit ad rotam *eb*, cui affigitur e regione indicis *ch*.

a ponduscuIum 3 gran., ut tensus sit capillus.

eb rota cui affigitur capillus, et quae simul fulcrum est indicis *ch*.

c globus rotae annexus, ut aequilibrium adsit cum parte anteriore indicis.

ch index, qui movetur mutatione hygroscopica capilli, et gradus indicat in scala circulari *dd*.

Ut vero observator videre possit, quousque ad supremam vel infimam partem motus fuerit index *ch*, absente observatore, mechanicus *Paul* duos alios adjecit indices *ff* et *gg*, qui, centro suo valde quam mobiles et in perfecto aequilibrio, conquiescunt ubi positi fuerint.

Index *ch*, his suppositus, in extremo apice acum valde parvum sibi impositum gerit, unde non moveri potest, quin ad unam partem vel alteram, indicem *ff* vel *gg* secum ferat; *ff* maximum indicat humiditatis gradum, *gg* siccitatis; tali igitur ratione observator maximum et minimum humiditatis, dato temporis spatio, licet absens fuerit, scire potest. Instituto experimento, indices *ff* et *gg* ad indicem *ch* sunt reducendi.

Fig. 23. Apparatus, quo *Melloni* experimenta instituit ad comparandum hygrometri gradum cum vaporis elasticitate. (Ann. de Chim. et de Phys. Janv. 1830. p. 59, Févr. Tab. I. fig. 3, 4, 6, 7.)

A totus apparatus.

a basis, per quatuor cochleas in positionem horizontalem dirigenda.

bb stylus, omnes ejus partes inter se connectens.

c hygrometrum, capsula sua inclusum.

d manometrum, metiens vaporis elasticitatem, simulque, elevatione sua vel depressione hanc minuens vel augens.

e barometrum.

f scala.

g vasculum mercuriale, in quo ponitur barometrum, prolongatione ab inferiore parte, ad quam penetrat manometrum, si deprimatur.

B hygrometrum capillare, ad exiguum volumen redactum et capsa sua inclusum.

a capsae locus capillum tegens.

b thermometrum indicandae temperaturae in interiore capsulae loco.

c vitrum observando hygrometri gradui.

di

d cochlea, qua cum manometro nectitur capsula.
e epistomium, communicationem efficiens capsulam inter et manometrum.
C manometrum cum apparatu quo movetur.
a pars latior, in cujus superiore parte vapor adest.
b pars angustior, quae penetrat in receptaculi partem *d*.
cd receptaculum mercurium continens.
e pars manometri superior, cochleâ instructa, cujus ope capsulae hygrometricae jungitur.
f pars metallica, cui a parte anteriore affigitur manometrum; a posteriore est dentium series; sic per trochleam dentatam *g* elevatur manometrum vel deprimitur.
D pars manometri cum barometro et scala.
a manometrum.
b barometrum.
c scala.
d pars destinata observando gradui, mobilis ad scalam. Fissuris hydrargyri libellum accurate determinatur.

Tabula VI. (*Cl. III. ord.* 1 *et* 2.)

Fig. 24. Hygrometrum Cl. *Daniell*, ex vitro confectum (Daniell *Meteor. Essays* Tab. I.)
a thermometrum internum ad indicandam puncti rorantis temperaturam.
b globus vitreus annulum vaporis condensati ostendens, pro dimidia parte aethere repletus.
cc vacuum, in quo aetheris destillatio obtinet.
d globus mucronatus, in cujus superficie evaporatio aetheris externa obtinet.
e stylus instrumentum gerens.
f thermometrum externum indicandae aëris temperaturae.
Fig. 25. Idem instrumentum in campanam inductum, ibidem delineatum.
Fig. 26. Idem hygrometrum, ex tenui lamina orichalcea confectum, ibidem descriptum.
a thermometrum, temperaturam puncti rorantis indicans, extra globum elevatum.
b tubus ex platina, alium tubum vitreum includens, qui fusione per ignem clauditur post aetheris ebullitionem.
Fig. 27. Hygrometrum Cl. *Döbereiner* (Gilberts *Annalen* LXX. p. 136. Tab. II. fig. 12.) Sectio diametralis est.
a vasculum cylindricum, ex tenui lamella orichalcea paratum, parcam aetheris quantitatem continens.

b operculum, cochleae ope vasculum tegens. Per ejus medium penetrat thermometrum *c*, cujus bulbus in medio vasculo locum obtinet et aethere circumdatur. A latere intrat tubus vitreus inflexus *d*, per quem aër exitum ex vasculo invenit.

e tubus, a latere in vasculum penetrans et in ipsum aetherem demersus, in quo multis foraminulis terminatur. Aër in eo pressus, per aetherem tendit, eoque saturatus ex altero tubo exit.

ff antlia compressoria, cujus embolus habet valvulam, quae aperitur, si embolus elevatur: clauditur, si deprimitur.

gg tubus cylindricus, in quem aër pellitur ex antlia, munitus simili valvula, aëris immissi reditum impediente.

h thermometrum cognoscendae aëris temperaturae.

i apparatus, qui totum instrumentum mensae cuidam affigit.

Fig. 28. Hygrometrum doct. *Cumming* (Quart. Journ. of Sc., Lit. and Arts, New. Ser. N. VI. p. 402.)

ab cylinder vitreus, a parte inferiore et superiore terminatus in processum cupreum politum *c* et *d*.

e subtile thermometrum, ipso cylindro contentum, cujus gradus trans vitrum observantur. Bulbus materia porosa, v. g. spongia circumdatur, quae aethere imbuta est. Frigus producitur, si cylindro a parte superiore *d* communicatio concedatur cum spatio quodam vacuo; *c* praecipitato vaporis observando inservit.

Fig. 29. Hygrometrum doct. *Adie* (Edinb. Journ. of Sc., New Ser. N. I. p. 60. Cf. Jahrb. der Chem. u. Phys. von *Schweigger-Seidel* 1829. B. 2. H. 4. p. 459.)

a thermometrum.

b globus, thermometri bulbum includens, ex vitro nigro confectus, liquorem haud facile congelantem continens, serico totus quantus investitus, praeter spatium ¼ poll., in quo praecipitatum exoritur.

Fig. 30. Hygrometrum doct. *Körner* (Gilb. *Ann.* LXX. p. 136. Tab. II. fig. 15.) Figura tubum thermometricum inflexum refert, bulbo excavato, in quem instillatur aether sulphuricus.

Fig. 31. Hygrometrum cel. *Brewster* (Edinb. Journ. of Sc. N. VII. p. 137.)

a annulus cupreus, per gummi bulbo agglutinatus, quem in duo hemisphaeria dividit. Stillatur aether in superius, in inferiori praecipitatum producitur.

Fig. 32. Simile ejusdem auctoris instrumentum, bulbo *a* in altum ducto, quo liberius aether in eum stilletur.

Fig.

Fig. 33. Hygrometrum doct. *Jones* (Phil. Trans. 1826. II. 53. Tab. I.)

aaaa capsula instrumentum includens, si transportatur.

b lagena ad aetherem sulphuricum servandum.

c stylus, thermometrum *d*, tubo inflexo instructum, retinens.

e bulbi cylindrici pars serico investita, in qua producitur refrigerium.

f convexitas bulbi ex atro vitro parata, observandae nebulae vaporis condensati.

Fig. 34. Hygrometrum Cl. *Leslie* (Kurzer Bericht von Vers. u. Instrum. ectt. übers. von *Brandes*, fig. 5.)

aa thermomerum differentiale.

b bulbus linteo involutus, aquam retinente, quae evaporatur.

cc lagena, aquae receptaculum.

dd filum, aquam ex lagena ad bulbum ducens attractione capillari.

Fig. 35. Hygrometrum doct. *Lüdicke* (Gilb. *Ann.* X. 116. Tab. I. fig. 8.)

ab thermometrum, liberiaëris indicans temperaturam.

cd thermometrum una cum scala mobile ad frigus evaporationis indicandum. Tubus cum bulbo ab inferiore parte inflexus. Bulbus excavationem habet, aquam evaporandam recipientem. Ducitur sub bulbo alterius thermometri.

fg pars thermometra conjungens.

Fig. 36. Hygrometrum Cl. *August*, s. psychrometrum, delineatum juxta instrumentum, ab exp. *Greiner* confectum.

A thermometra septo separata. Alterius bulbus linteo investitur. Alterius liber est.

B septum ipsum.

CON-

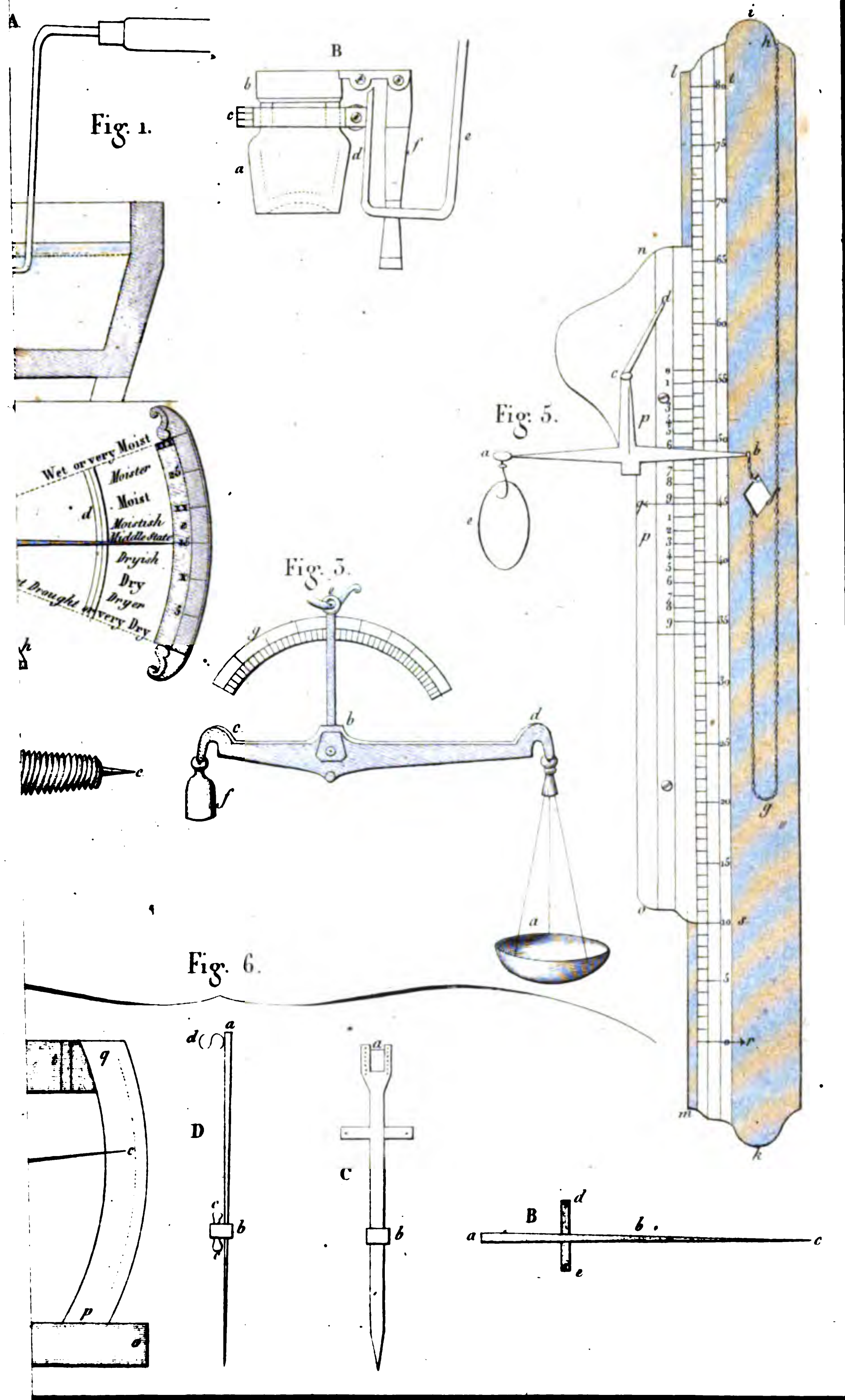
CONSPECTUS OPERIS.

§. 21.

§. 84



Tab. I.



Steendr. van L. Springer, Leyden.

Tab. II.

Fig. 11.





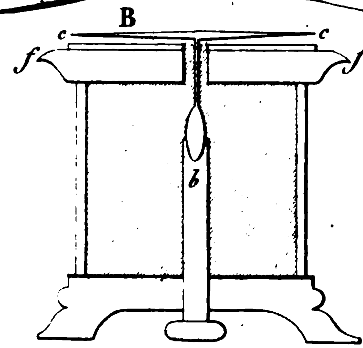


Fig. 8.

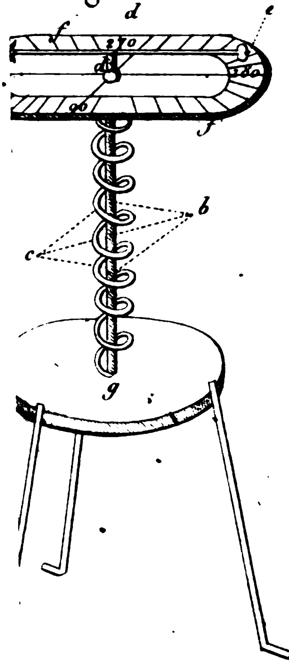


Fig. 9.

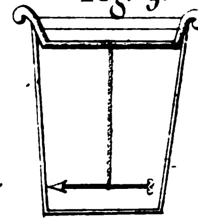


Fig. 10.

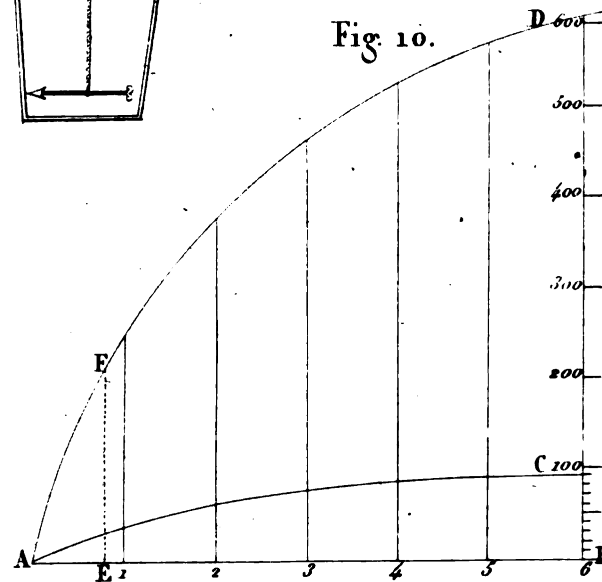
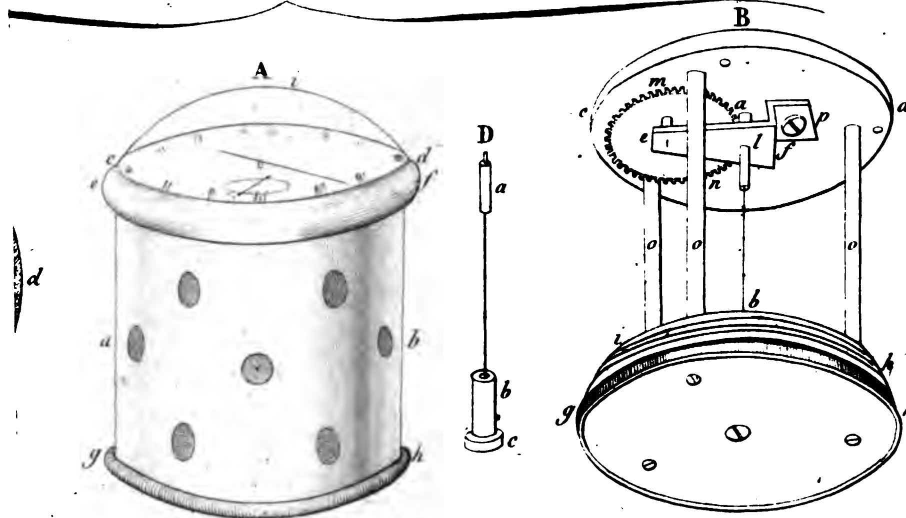


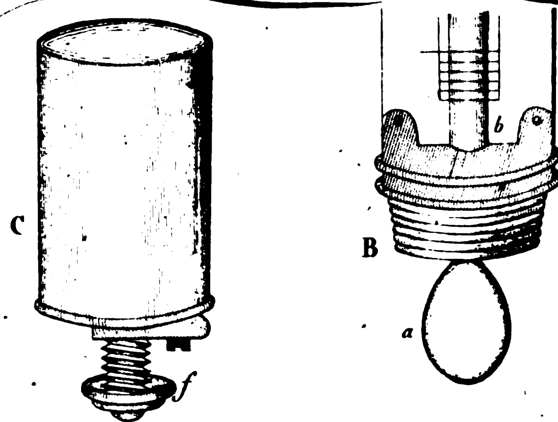
Fig. 12.



Steendr. van L. Springer, Leyden

Tab. III.

Fig. 14.



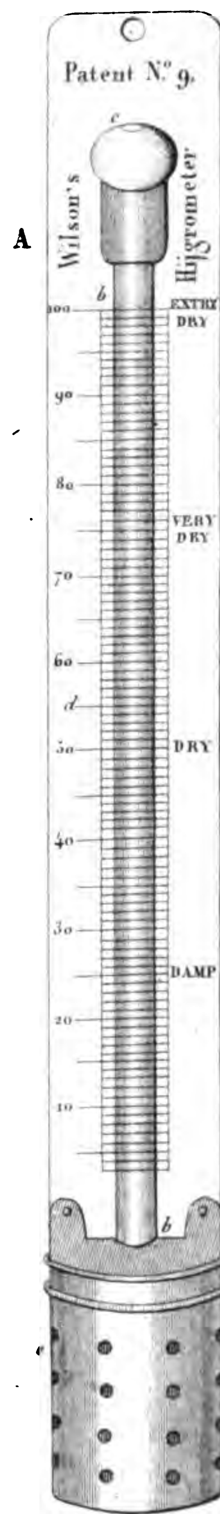


Fig. 16.

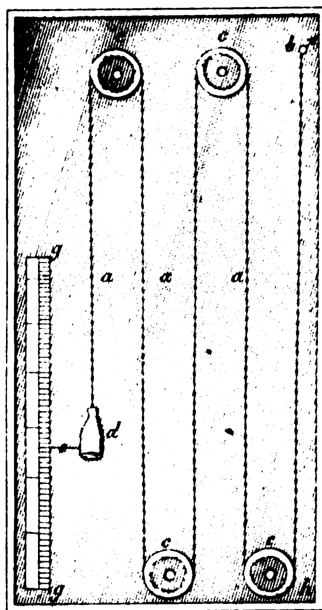
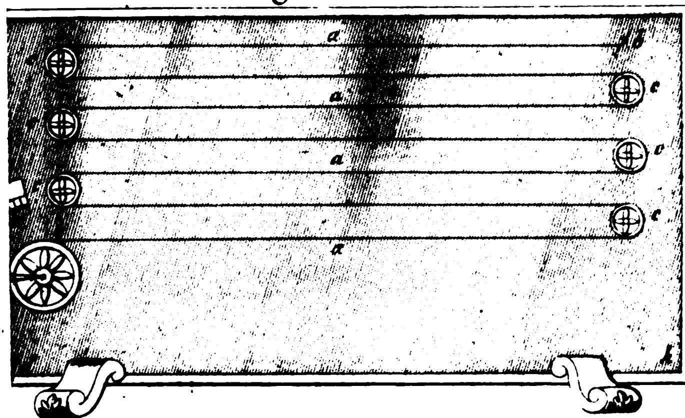
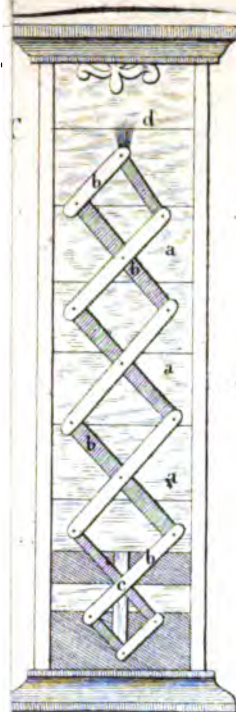
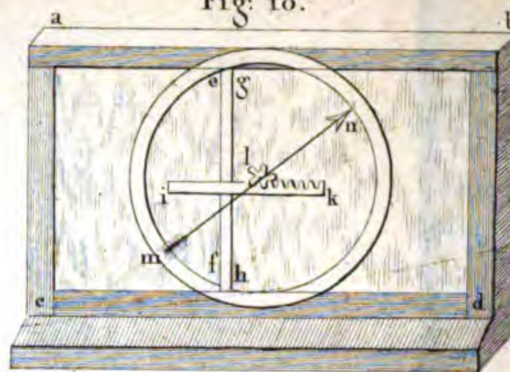


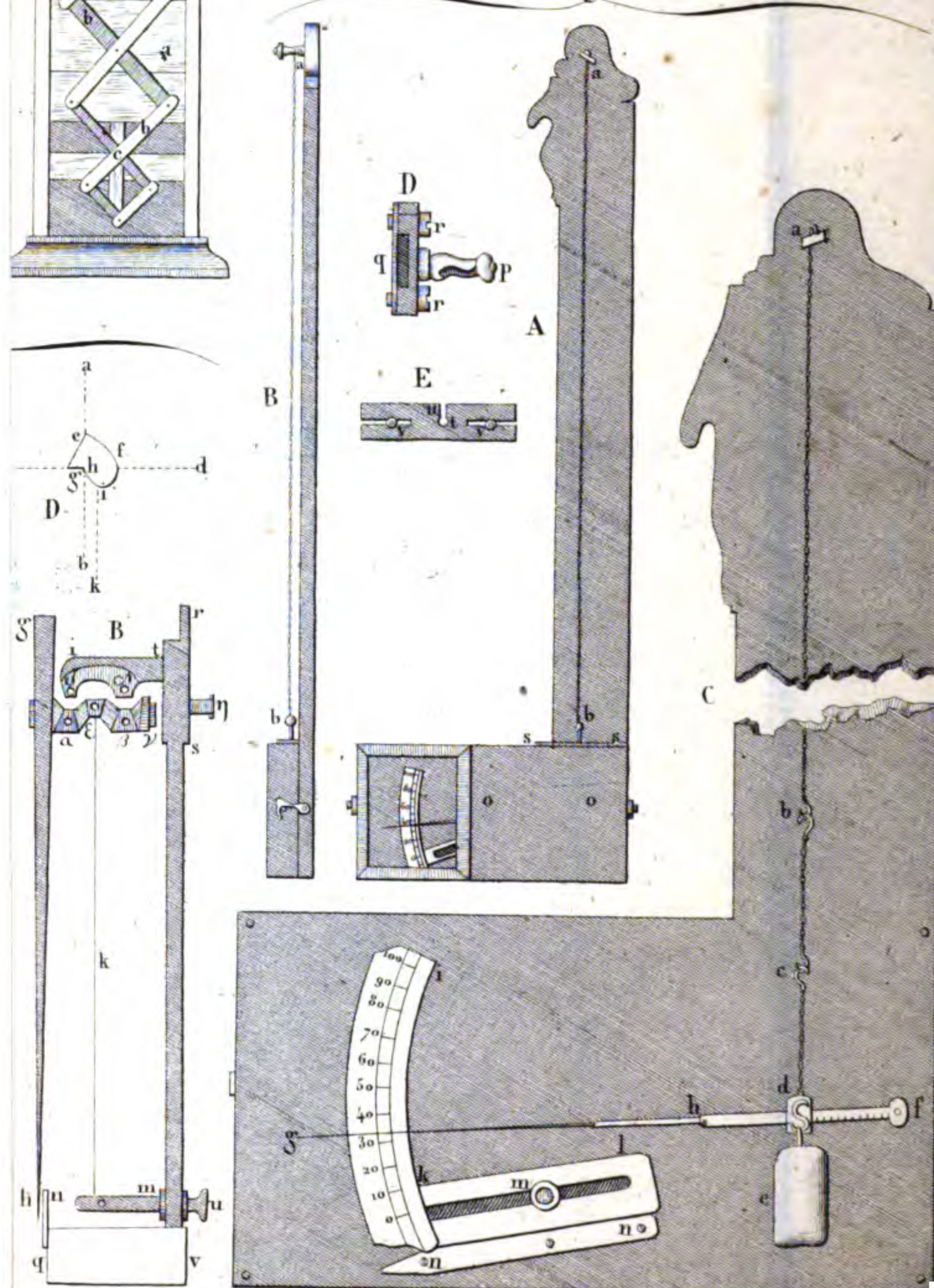
Fig. 15.



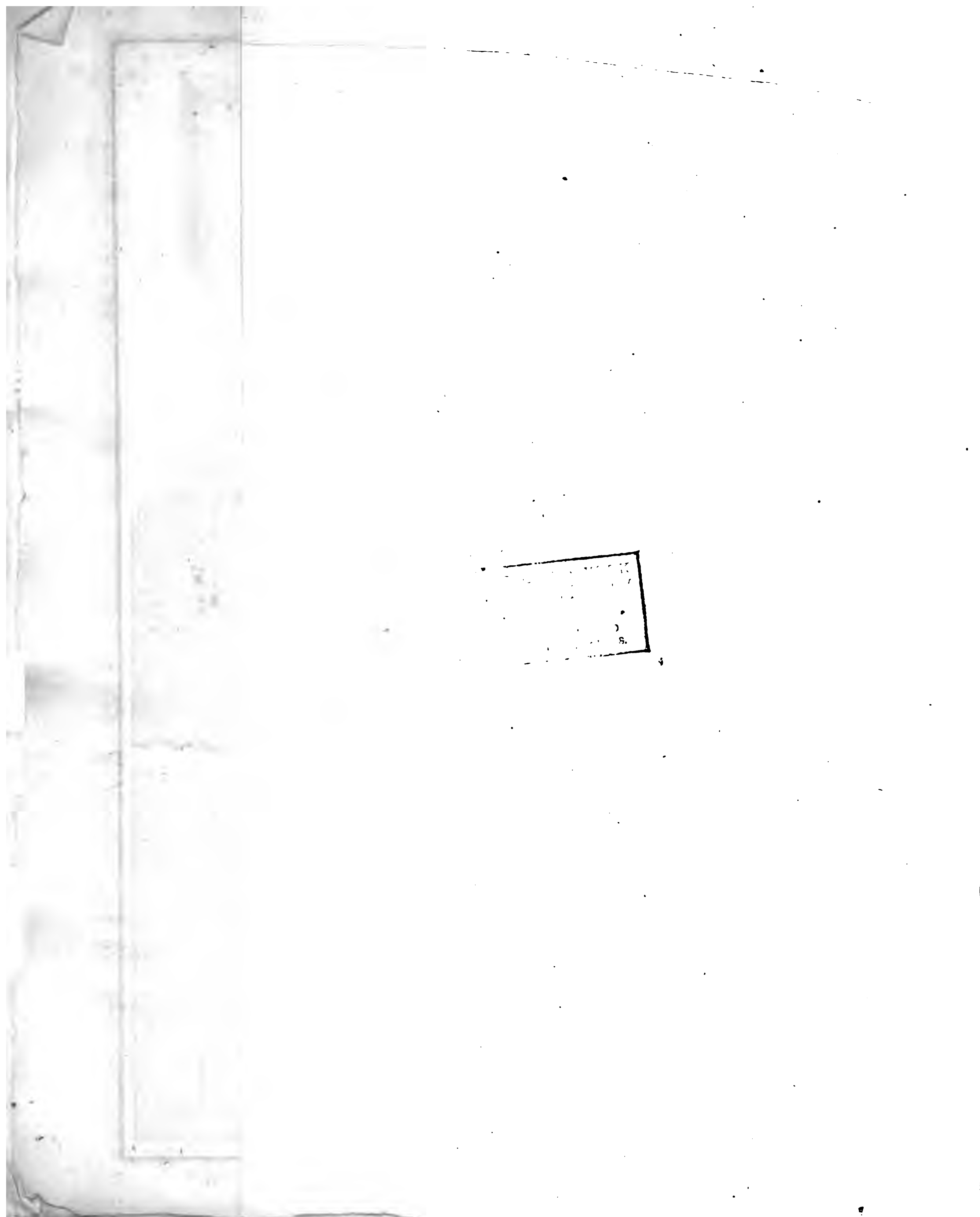
Steendr. van L. Springer, te Leijden.

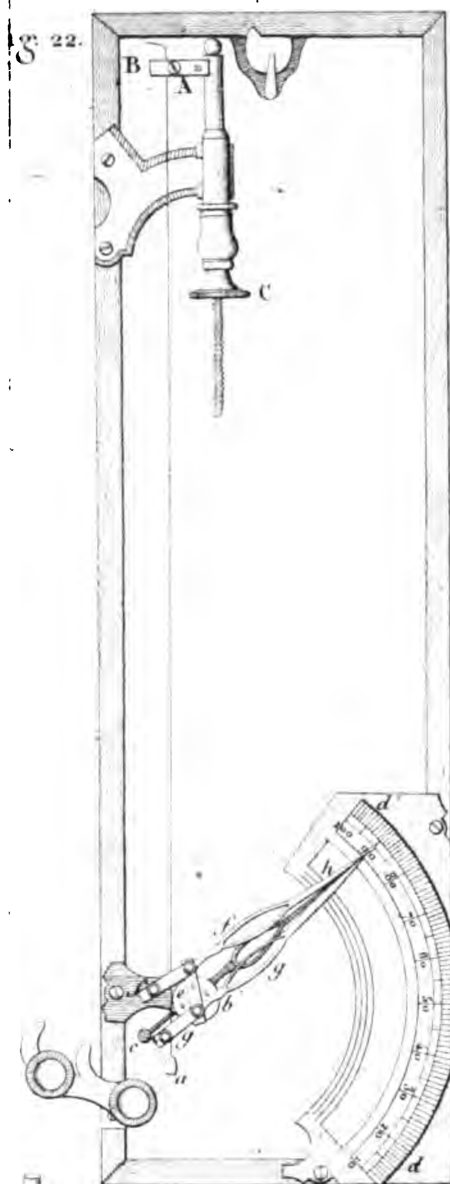


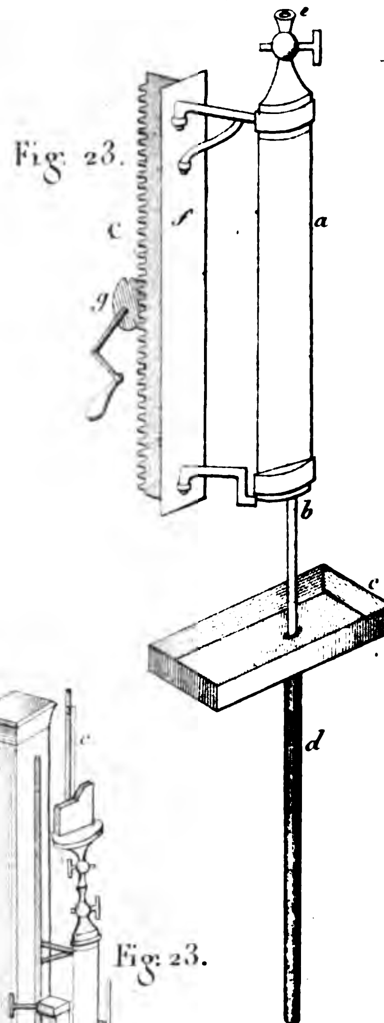


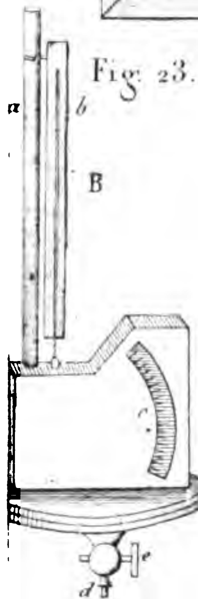


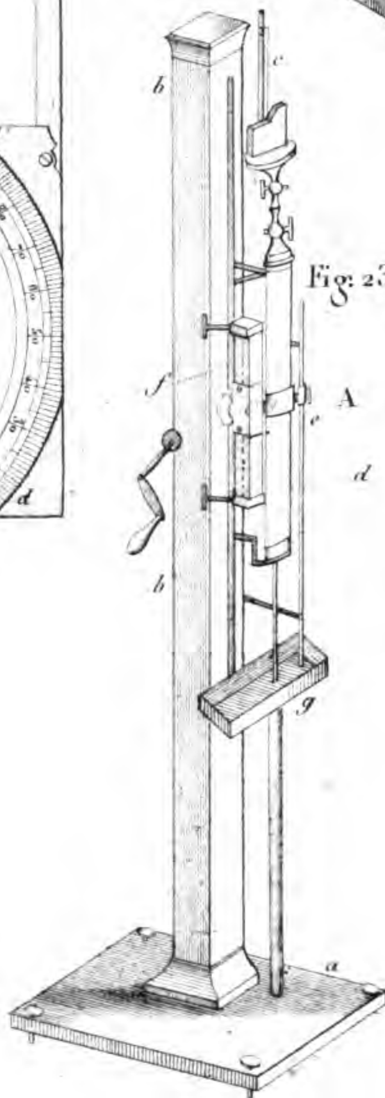
Steendr van L. Springer. te Leyden.



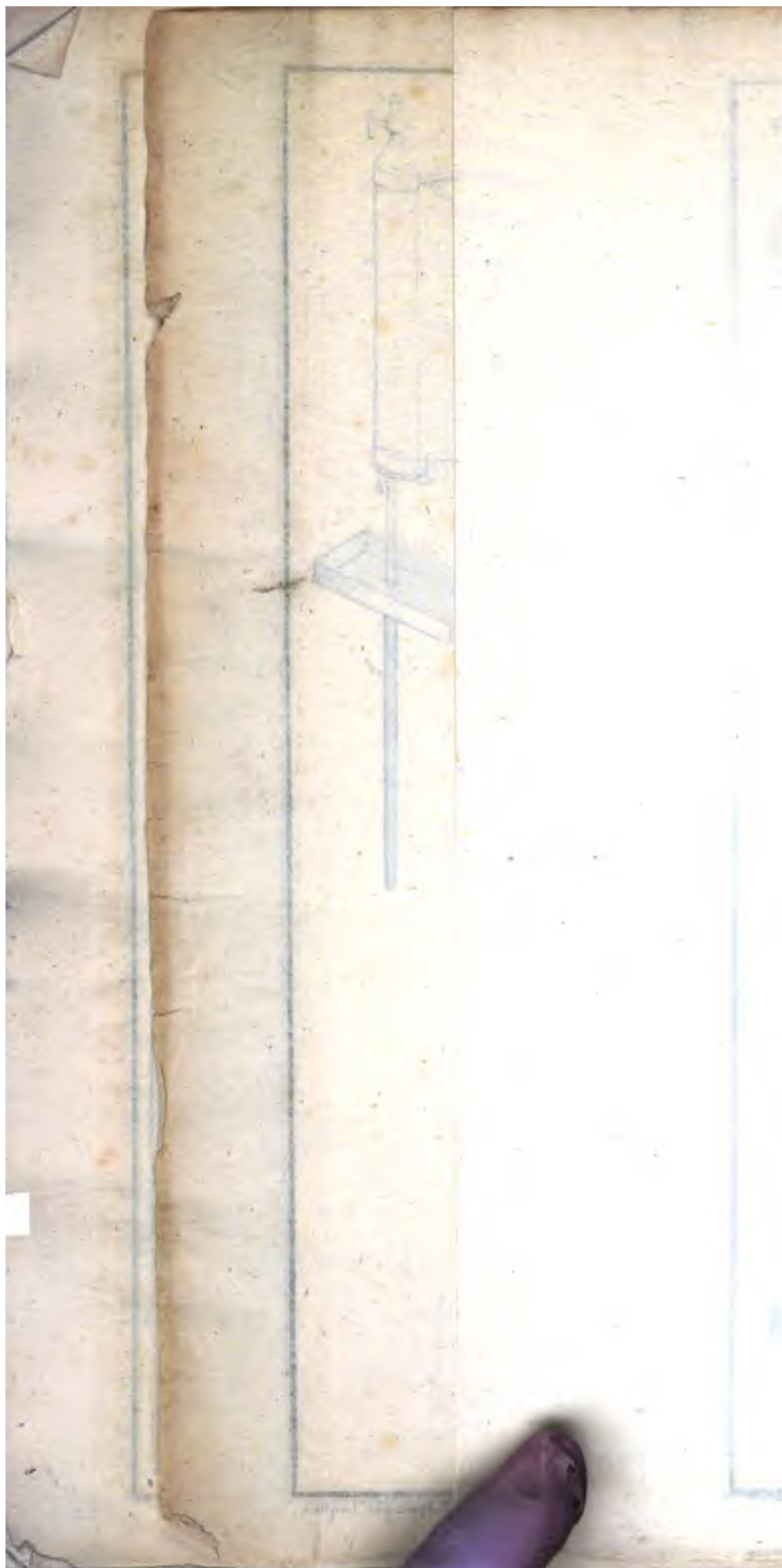








Steendr. van L. Springer, Leyden.



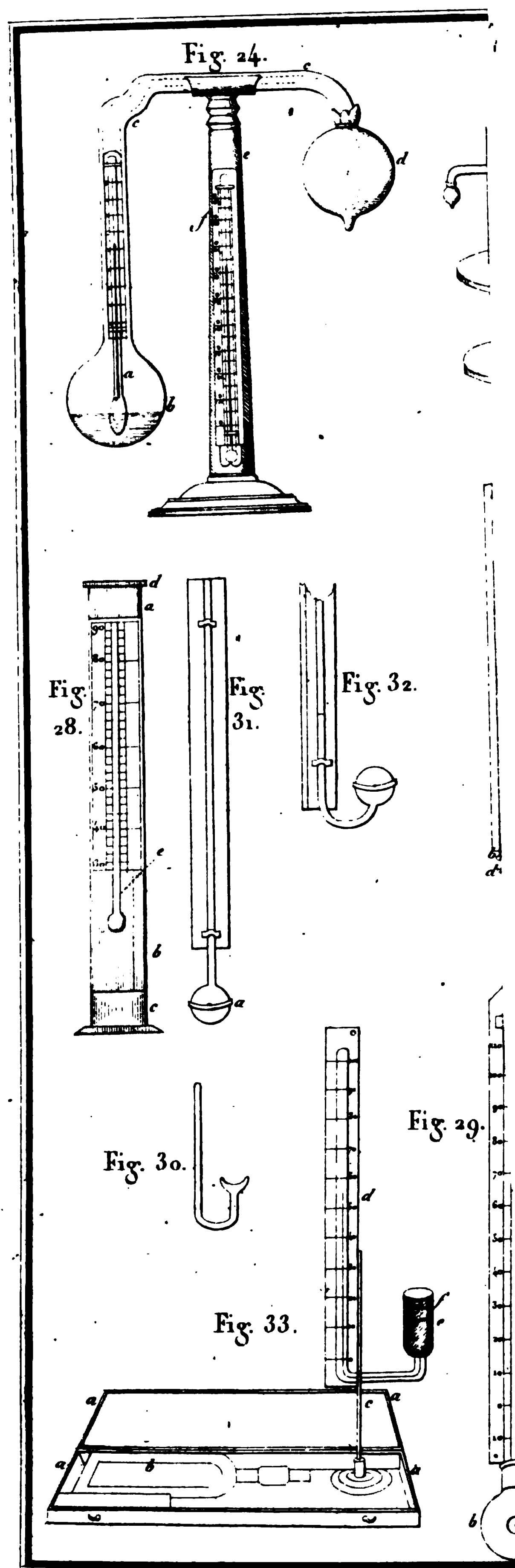


Fig. 24.
Fig. 28.
Fig. 31.
Fig. 32.
Fig. 30.
Fig. 29.
Fig. 33.

